

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
институт
Инженерных систем зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.В. Сакаш
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20 ____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.06 «Водоснабжение и водоотведение»
код и наименование специальности

Оптимизация систем водоснабжения ТЭЦ-2 города Красноярск
тема

Руководитель _____
подпись, дата

к.т.н., доцент
должность, ученая степень

О.Г. Дубровская
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

В.М. Мансуров
инициалы, фамилия

Красноярск 2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Оптимизация систем водоснабжения ТЭЦ-2 города Красноярск», включает в себя 67 страниц текстового документа, 27 использованных источников, 8 листов графического материала.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЕНИЯ, ТЭЦ-2, КОВШЕВОЙ ВОДОЗАБОР, СВЕРХСКОРОСТНОЙ ФИЛЬТР НИКИФОРОВА, СОРБЦИОННЫЙ ФИЛЬТР, ИОНООБМЕННАЯ УСТАНОВКА, «УЛЬТРАФИОЛЕТ + УЛЬТРАЗВУК».

Объект выпускной работы – ТЭЦ-2 города Красноярск.

Цели выпускной работы:

- обоснование технологий водоподготовки на ТЭЦ-2;
- внедрение первичной водоподготовки на водозаборных сооружениях;
- оптимизация существующей технологии;
- эколого-экономическое обоснование проекта;
- технология и организация строительного производства.

Актуальность выпускной работы:

– с ростом населения в городе, увеличивается количество отапливаемых зданий и сооружений, как следствие требуется увеличение производительности ТЭЦ.

– увеличение производительности ведет к тому, что требуется большее количество воды для технологических нужд предприятия, и необходимо улучшить качество воды, для обеспечения долгосрочной эксплуатации оборудования.

– цель оптимизации состоит в том, чтобы обеспечить предприятие надлежащим количеством и качеством воды, поддержание оборудования в нужных кондициях.

В результате работы была разработана схема оптимизации

водоподготовки, с модернизацией ковшевого водозабора, введение сверхскоростных фильтров Никифорова и сорбционных фильтров. Для обеззараживания воды внедрена технология «Ультрафиолет + Ультразвук». Это позволяет снизить количество обслуживающего персонала, тем самым экономя значительные средства на заработную плату. Также предложенная схема позволяет минимализировать потери воды на сооружениях и благодаря этому снизить затраты на плату за ущерб нанесенный водоему.

В итоге предоставлен расчет модернизированной технологии водоподготовки и эколого-экономическое обоснование.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Существующая технология очистки	6
1.1 Описание существующей технологии очистки	6
1.2 Аналитический вывод о требуемой оптимизации.....	6
2 Расчет расходов при оптимизированной технологической схеме.....	8
2.1 Расчет индивидуальных норм водопотребления	8
2.2 Определение расчетных расходов воды	13
3 Водозаборные сооружения.....	17
3.1 Расчет площади водоприемных окон, снабженных фильтрующими кассетами.....	17
3.2 Расчет площади водоочистной плоской сетки.....	19
3.3 Расчет водозаборного ковша.....	20
4 Водоподготовка	23
4.1 Сверхскоростная фильтровальная станция	23
4.2 Расчет напорного фильтра	24
4.3 Расчет напорного сорбционного фильтра	29
4.4 Расчет ионообменных фильтров.....	32
4.5 Расчет катионитовых фильтров.....	34
4.6 Расчет анионитовых фильтров	36
4.7 Обеззараживание воды	38
5 Эколого-экономический аспект проекта	41
5.1 Определение размера ущерба, при использовании поверхностного источника водоснабжения.....	42
5.2 Расчет расходов на заработную плату	43
6 Технология и организация строительного производства	46
6.1 Определение объемов земляных работ.....	46
6.2 Определение объема земли, подлежащей вывозу в отвал за пределы строительства.....	52
6.3 Предварительный выбор комплекта машин.....	53
6.4 Методика выбора экскаватора для отрывки траншей.....	54
6.5 Выбор механизма для обратной засыпки траншеи и ее планировки	58
6.6 Определение технико-экономических показателей для окончательного выбора комплекта машин.....	59
6.7 Определение размеров забоя	62
6.8 Выбор кранового оборудования для монтажа трубопровода	63
Заключение	66
Список использованных источников	67

ВВЕДЕНИЕ

Энергетика – одна из самых крупных и востребованных отраслей промышленности. В связи с этим, предприятия ТЭЦ, являются и наиболее мощными водопотребителями. Поскольку в энергетике нуждаются населенные пункты и промышленные предприятия, без нее, никак.

Предприятия теплоэнергетики являются одной из основ развития экономики России. На развитие теплоэнергетики расходуется чуть более 20 % финансовых средств, приходится около 30 % основных фондов, а так же, 30 % финансовой составляющей, промышленной продукции Европы.

С ростом населения в городе, увеличивается количество отапливаемых зданий и сооружений, как следствие требуется увеличение производительности ТЭЦ. Увеличение производительности ведет к тому, что требуется большее количество воды для технологических нужд предприятия, и необходимо улучшить качество воды, для обеспечения долгосрочной эксплуатации оборудования.

В основном на ТЭЦ применяются безреагентные или физические, и реагентные методы, с использованием различных реагентов, например, ионообменные технологии.

Цель оптимизации состоит в том, чтобы обеспечить предприятие надлежащим количеством и качеством воды, поддержание оборудования в нужных кондициях, а именно увеличение КПД и срока эксплуатации за счет оптимизации систем водоснабжения и водоподготовки. С увеличением мощностей предприятия, данная проблема становится как никогда актуальной.

1 Существующая технология очистки

1.1 Описание существующей технологии очистки

НПК «Медиана-Фильтр» предложила технические решения, которые были внедрены при проведении реконструкции технологий водоподготовки на ТЭЦ-2.

Внедренная аппаратурно-технологическая схема основывается на 2 современных методах водоподготовки, они позволяют достигнуть поставленных кондиций: обратный осмос и противоточный ионный обмен.

Технология очистки включает в себя:

- 1) известкование с коагуляцией ($1500 \text{ м}^3/\text{ч}$);
- 2) механическое фильтрование ($1500 \text{ м}^3/\text{ч}$);
- 3) умягчение по технологии UPCORE ($1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ с возможным расширением до $1950 \text{ м}^3/\text{ч}$).
- 4) далее обрабатываемая вода распределяется на два потока: $900 \text{ м}^3/\text{ч}$ (или $1350 \text{ м}^3/\text{ч}$) умягченной воды направляются для подпитки теплосети, а $600 \text{ м}^3/\text{ч}$ умягченной воды направляется на дальнейшую обработку для получения воды, обессоленной по схеме:
- 5) обратный осмос ($450 \text{ м}^3/\text{ч}$);
- 6) деминерализация по технологии UPCORE ($450 \text{ м}^3/\text{ч}$);
- 7) финишная очистка на отдельных *H-OH* фильтрах ($450 \text{ м}^3/\text{ч}$) – для котлов СКД.

1.2 Аналитический вывод о требуемой оптимизации

Предприятия ТЭЦ, потребляют воду в больших количествах для технологических и питьевых целей. Для технологических целей, необходима обессоленная вода с содержанием менее 5 мг/л , Ж_0 менее $0,005 \text{ мг-экв/л}$, Fe менее $0,05 \text{ мг/л}$, $\text{SiO}_2 < 0,08 \text{ мг/л}$, pH 8,5-9,5.

Высокие требования к воде для технологических нужд, делают необходимым, регулярное усовершенствование технологий очистки.

Оптимизация позволяет обеспечить предприятие надлежащим количеством и качеством воды, поддержание оборудования в нужных кондициях, а именно увеличение КПД и срока эксплуатации.

При выборе схемы водоподготовки, нужно учитывать не только состав примесей, а еще и требования удовлетворяющие качеству воды для технологии предприятия.

Успешность оптимизации можно охарактеризовать следующими условиями:

- Экологически безопасная технология оптимизации
- Надежность конструкции и простота монтажа
- Экономичность

2 Расчет расходов при оптимизированной технологической схеме

2.1 Расчет индивидуальных норм водопотребления

На ТЭЦ-2 норма потребления воды на технологические нужды равна сумме норм в системе охлаждения основного и вспомогательного оборудования.

$$H_{TEX}^{\mathcal{E}.CB} = H_{OX}^{\mathcal{E}.CB} + H_{BM}^{\mathcal{E}.CB}, \quad (2.1)$$

$$H_{TEX}^{T.CB} = H_{BM}^{T.CB}. \quad (2.2)$$

Норма потребления воды на отпуск электроэнергии вычисляется для каждого турбоагрегата

$$H_{TA-1}^{\mathcal{E}.CB} = 0 + 1,248 = 1,248 \text{ м}^3/\text{МВт.ч},$$

$$H_{TA-2}^{\mathcal{E}.CB} = 51,24 + 1,248 = 52,484 \text{ м}^3/\text{МВт.ч},$$

$$H_{TA-3}^{\mathcal{E}.CB} = 54,27 + 1,248 = 55,515 \text{ м}^3/\text{МВт.ч},$$

$$H_{TA-4}^{\mathcal{E}.CB} = 51,19 + 1,248 = 52,439 \text{ м}^3/\text{МВт.ч}.$$

Норма водопотребления воды на тепло равнозначна для всех турбоагрегатов и равна

$$H_{TEX}^{T.CB} = 0,596 \text{ м}^3/\text{Гкал}.$$

Норма потребления оборотной воды равна норме оборотной воды системы ГЗУ

$$H^{\Delta.CB} = H_{ГЗУ}^{\Delta.CB} = 1,828 \text{ м}^3/\text{МВт.ч},$$

$$H^{T.OB} = H_{ГЗУ}^{T.OB} = 0,873 \text{ м}^3/\text{МВт.ч}.$$

Норма потребления повторно используемой воды на технологические нужды равна сумме норм водопотребления повторно используемой воды в системах охлаждения вспомогательных механизмов оборудования в системе ВПУ, подпитки теплосети, химических промывок котлов и в системе ГЗУ.

Эта норма одинакова для всех турбоагрегатов.

$$H^{\Delta.III} = H_{ВПУ}^{\Delta.III} + H_{ХО}^{\Delta.III} + H_{ГЗУ}^{\Delta.III},$$

$$H^{T.III} = H_{ВПУ}^{\Delta.CB} + H_{ХО}^{\Delta.CB} + H_{ГЗУ}^{\Delta.CB},$$

$$H^{\Delta.III} = 0,21 + 0,0006 + 0,209 = 0,42 \text{ м}^3/\text{МВт.ч},$$

$$H^{T.III} = 0,025 + 0,099 + 5,723 = 5,847 \text{ м}^3/\text{Гкал}.$$

С учетом потребления повторно используемой воды в системе охлаждения турбоагрегата ст.№1 $H_A^{\Pi} = 156,1 \text{ м}^3/\text{МВт.ч}$, общестанционная норма водопотребления повторно используемой воды вычисляется как средневзвешенная величина $H_{ТЕХ}^{\Delta.CB}$ и $H_{ТЕХ}^{\Delta.CB}$.

$$H^{\Delta.III} = (156,1 \cdot 70,7 + 0,42 \cdot 305,99) / (305,99 + 70,7) = 29,769 \text{ м}^3/\text{МВт.ч}.$$

На вспомогательные нужды потребляется повторно используемая вода.

$$H_{ВП}^{\Delta.III} = 0,778 \text{ м}^3/\text{МВт.ч}.$$

На хозяйственно-питьевые нужды используется вода питьевого качества.

$$H_{X-II}^{\text{Э.СВ}} = 0,074 \text{ м}^3/\text{МВт.ч},$$

$$H_{X-II}^{T.CB} = 0,035 \text{ м}^3/\text{Гкал}.$$

Нормы потерь на технологические нужды представляют собой сумму потерь в системе охлаждения, ГЗУ и ВПУ.

$$П^{\text{Э}} = П_{OX}^{\text{Э.СВ}} + П_{ВПУ}^{\text{Э}} + П_{ГЗУ}^{\text{Э}}, \quad (2.3)$$

$$П^T = П_{ГЗУ}^T.$$

Нормы потерь на отпуск электроэнергии определяются для турбоагрегатов и равны

$$H_{TA-1}^B = 0,206 + 0,209 = 0,415 \text{ м}^3/\text{МВт.ч},$$

$$H_{TA-2}^B = 0,512 + 0,415 = 0,927 \text{ м}^3/\text{МВт.ч},$$

$$H_{TA-3}^B = 0,543 + 0,415 = 0,958 \text{ м}^3/\text{МВт.ч},$$

$$H_{TA-4}^B = 0,512 + 0,415 = 0,927 \text{ м}^3/\text{МВт.ч}.$$

Норма потерь на отпуск тепла для всех турбин одинакова и равна

$$П_{TЭЦ}^{\text{Э}} = П_{ВП}^{\text{Э}} = 0,0996 \text{ м}^3/\text{Гкал}.$$

Норма потерь на вспомогательные и подсобные производства равна

$$П_{ТЭЦ}^{\text{э}} = П_{ВП}^{\text{э}} = 0,031 \text{ м}^3/\text{МВт}\cdot\text{ч}.$$

Норма переданной воды на отпуск тепла равна сумме нормативов воды, переданной с теплом и паром на производство и переданной на подпитку теплосети. Эта норма одинакова для всех турбоагрегатов

$$H_{ТЭЦ}^{T.ПЕР} = H_{ТЭЦ}^{T.ПЕР} + H_{Т/С}^{T.ПЕР}, \quad (2.4)$$

$$H_{ТЭЦ}^{T.ПЕР} = 0,023 + 5,723 = 5,746 \text{ м}^3/\text{Гкал}.$$

Норма водоотведения в технологических системах равна сумме норм водоотведения в системе охлаждения и ВПУ

$$H^{\text{э.СТ}} = H_{ОХ}^{\text{э.СТ}} + H_{ВМ}^{\text{э.СТ}} + H_{ВПУ}^{\text{э.СТ}}, \quad (2.5)$$

$$H^{T.СТ} = H^{T.СТ} + H^{T.СТ} + H^{T.СТ}. \quad (2.6)$$

Норма водоотведения на отпуск электроэнергии определяются для турбоагрегатов и равна

$$H_{ТА-1}^{\text{э.СТ}} = 1,04 + 0,002 = 1,042 \text{ м}^3/\text{МВт}\cdot\text{ч},$$

$$H_{ТА-2}^{\text{э.СТ}} = 34,83 + 1,042 = 35,872 \text{ м}^3/\text{МВт}\cdot\text{ч},$$

$$H_{ТА-3}^{\text{э.СТ}} = 37,831 + 1,042 = 38,873 \text{ м}^3/\text{МВт}\cdot\text{ч},$$

$$H_{ТА-4}^{\text{э.СТ}} = 34,787 + 1,042 = 35,83 \text{ м}^3/\text{МВт}\cdot\text{ч}.$$

Норма водоотведения на отпуск тепла одинакова для всех турбоагрегатов и равна

$$H^{T.CT} = 0,497 + 0,001 = 0,498 \text{ м}^3/\text{Гкал}.$$

Норма водоотведения на нужды вспомогательного и подсобного производства одинакова для всех турбоагрегатов и равна

$$H_{BII}^{\text{Э.СТ}} = 0,747 \text{ м}^3/\text{МВт.ч.}$$

Нормы водоотведения на хозяйственно-питьевые нужды одинаковы для всех турбин и равны

$$H_{X-II}^{\text{Э.СТ}} = 0,074 \text{ м}^3/\text{МВт.ч.},$$

$$H_{X-II}^{\text{Э.СТ}} = 0,035 \text{ м}^3/\text{Гкал}.$$

Нормы, рассчитанные для технологических, вспомогательных и хозяйственно-питьевых нужд, составляют индивидуальные нормы каждого турбоагрегата.

Нормы потребления свежей воды, потерь и водоотведения в целом по ТЭЦ определяются как средневзвешенные величины индивидуальных норм каждого турбоагрегата.

$$H_{TЭЦ}^{\text{Э.СВ}} = (1,248 \cdot 70,7 + 52,484 \cdot 78,07 + 55,515 \cdot 73,71 + 83,51 \cdot 52,439) / 305,99 = 41,364 \text{ м}^3/\text{МВт.ч.},$$

$$П_{TЭЦ}^{\text{Э}} = (0,415 \cdot 70,7 + 0,927 \cdot 78,07 + 0,958 \cdot 73,71 + 83,51 \cdot 0,927) / 305,99 = 0,816 \text{ м}^3/\text{МВт.ч.},$$

$$H_{TЭЦ}^{\text{Э.СТ}} = (1,042 \cdot 70,7 + 35,874 \cdot 78,07 + 38,874 \cdot 73,71 + 83,51 \cdot 35,83) / 305,99 = 28,537 \text{ м}^3/\text{МВт.ч.}$$

Для оценки достоверности расчета норм проверяется баланс ТЭЦ.

$$(H_{TEX}^{\mathcal{E}.CB} + H_{X-II}^{\mathcal{E}.CB})\mathcal{E} + (H_{TEX}^{T.CB} + H_{X-II}^{T.CП})T = (H_{TEX}^{\mathcal{E}.CT} + H_{X-II}^{\mathcal{E}.CT} + H_{BП}^{\mathcal{E}.CT} + H_{BП}^{\mathcal{E}} + H^{\mathcal{E}})\mathcal{E} + (H_{TEX}^{T.CT} + H_{X-II}^{T.CT} + П^T + П^{T.ПЕР})T \quad (2.7)$$

Первая часть уравнения

$$(41,364 + 0,074) - 305,99 + (0,596 + 0,035) - 597,48 = 13056,61$$

Вторая часть уравнения

$$(28,537 + 0,074 + 0,747 + 0,031 + 0,816) - 305,99 + (0,498 + 0,035 + 0,0996 + 5,746) - 597,48 = 13053,52$$

Разница в 3,09 м³ объясняется тем, что при расчете числовые показатели округлялись.

2.2 Определение расчётных расходов воды

На промышленных предприятиях, вода используется на технологические нужды и хозяйственно-питьевые нужды, с учетом противопожарного запаса.

Нормы водопотребления на технологические нужды зависят от принятого технологического процесса, вида системы водоснабжения, качества воды и др.

Средние объемы водопотребления определяют по видам используемой воды (оборотная, подпиточная) путем умножения соответствующих удельных ее расходов на производительность технологического процесса.

Расчетные расходы на собственные хозяйственно-питьевые нужды

предприятия принимаются равными 10% от потребления воды на технологические процессы. $Q_{нотр} = 13056,61 \text{ м}^3/\text{ч}$.

$$Q_{сост} = 0,1 \cdot Q_{нотр} = 0,1 \cdot 13056,61 = 1305,661 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.8)$$

Расход на полив зависит от площади подлежащей поливу на территории промпредприятия. Из общей площади ТЭЦ-2, 60% заняты зданиями и другими сооружениями.

$$Q_{полив} = \frac{q_{пол}^{уд} \cdot F_m}{1000}, \quad (2.9)$$

где $q_{пол}^{уд}$ – удельный расход на полив;

F_m – площадь территории подлежащей поливу.

$$Q_{полив} = \frac{6 \cdot 7803,88}{1000} = 46,8 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$F_m = 0,4 \cdot F_{м\text{полн}} = 0,4 \cdot 19509,7 = 7803,88 \text{ м}^2. \quad (2.10)$$

Расчетное количество одновременных наружных пожаров на промышленной зоне принимается в зависимости от занимаемой ими площади.

Исходя из площади предприятия принимаем 3 наружных пожара.

Расход воды на тушение 1 пожара должно приниматься для здания требующего наибольшего расхода согласно таблице 3, 4 [1].

Расход составляет 45 л/с при общей продолжительности тушения пожара 3 ч.

$$Q_{пож} = 3 \cdot 3 \cdot 45 = 405 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.11)$$

Суммарное водопотребление на предприятии составляется из суммы расходов на технологические нужды, хозяйственно-питьевые нужды персонала, расход на полив территории и на противопожарные нужды.

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{собст}} + Q_{\text{полив}} + Q_{\text{потр}} + Q_{\text{пож}} = 1305,661 + 46,8 + 13056,61 + 1458 = 15867,071 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

При реализации прямоточной схемы водоснабжения вся отработавшая в производстве вода, кроме безвозвратного потребления и потерь, после очистки сбрасывается в водоем или в городской коллектор водоотведения.

Безвозвратным водопотреблением называют расход воды, потребляемой продуктом при контакте его с водой. А потери воды на производстве в результате испарения, уноса капельной влаги, разбрызгивания и утечек воды в грунт, называют безвозвратными потерями воды.

Вода природного источника, подаваемая для производственных целей (очищенная или неочищенная) непосредственно потребителям или на восполнение систем оборотного водоснабжения, называется технической водой.

При реализации последовательной схемы производственного водоснабжения вода используется повторно (последовательно) в нескольких производственных процессах или в оборудовании без дополнительной очистки и (или) обработки.

При реализации схемы с повторным использованием очищенной сточной воды предполагается, что сточная вода данного или другого предприятия после соответствующей очистки и обработки используется для тех или иных технологических целей либо для восполнения систем оборотного водоснабжения, если она по качеству соответствует требованиям. В этом случае нельзя говорить о полностью замкнутой системе водоснабжения предприятия, подпитка такой системы очищенной технической водой необходима. Эта операция подобна продувке системы оборотного водоснабжения, когда производят сброс части воды из системы в целях снижения до определенного

уровня концентрации растворенных или взвешенных веществ в оборотной воде, а затем в систему добавляют свежую воду.

Повторно могут быть использованы после глубокой доочистки и биологически очищенные сточные воды, например, часть очищенных городских сточных вод может использоваться на технологические нужды мебельного комбината. Или очищенные производственные и дождевые сточные воды машиностроительного предприятия могут использоваться для приготовления водных растворов смазочно-охлаждающих жидкостей.

3 Водозаборные сооружения

3.1 Расчет площади водоприемных окон, снабженных фильтрующими кассетами

Для оптимизации степени очистки исходной воды, вместо решеток, устанавливаются фильтрующие кассеты с загрузкой из гравия, щебня и «Графил». Фильтрующая загрузка марки «Графил» - Поставщик – ЗАО «Квант Минерал».

Кассета с фильтрующей загрузкой совершенствует фильтровальную способность оголовка водозабора, а также осуществляет рыбозащитные мероприятия.

Площадь одной секции водозабора определяется по формуле

$$Q_{\text{бр}} = 1,25 \cdot K_{\text{см}} \cdot \frac{Q_p}{v_B}, \quad (3.1)$$

где Q_p – расчетный расход воды одной секции водозабора.

Для нормальных условий эксплуатации

$$Q_p = \frac{Q_c}{n} = \frac{0,18}{2} = 0,09 \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (3.2)$$

где $n = 2$ – число секций водозабора;

v_B – условная средняя скорость входа в водоприемное отверстие, исчисляемая по площади отверстия в свету. Скорость входа принимаем $0,3 \text{ м/с}$;

$1,25$ – коэффициент, учитывающий засорение водоприемных отверстий;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент, учитывающий пористость трехслойной загрузки фильтрующих кассет, определяется по формуле

$$K_{cm}^{cp} = \sum_{i=1}^3 \frac{1}{p} = \frac{1/0,3 + 1/0,4 + 1/0,45}{3} = 2,68, \quad (3.3)$$

где p – пористость фильтрующей загрузки, для гравия $p=0,3$, $h=30$ мм; щебня $p=0,4$, $h=30$ мм; «Графил» $p=0,45$, $h=40$ мм.

$$\Omega_{\bar{p}} = 1,25 \cdot 2,68 \cdot \frac{0,09}{0,3} = 1,005 \text{ м}^2.$$

Принимаем размеры водоприемного отверстия 1000x1400 мм ($b \times h$). Следственно, типовая сороудерживающая решетка имеет следующие характеристики:

- площадь решетки: нетто – 0,95 м², брутто – 1,4 м²;
- ширина решетки по наружному размеру – 1120 мм;
- высота решетки по наружному размеру – 1504 мм;

К установке принимаем кассеты с фильтрующей загрузкой слоем 100 мм, загруженные гравием, щебнем и фильтрующим материалом марки «Графил», диаметр зерен заполнителя в среднем равен 40 мм. Потери давления в кассетах с фильтрующей загрузкой принимаем $h=0,1$ м.

Степень очистки кассеты с фильтрующей загрузкой отображена в таблице 1.

Таблица 1 – Степень очистки кассеты с фильтрующей загрузкой

Наименование	Процент очистки	Исходная вода, мг/дм ³	После фильтрации, мг/дм ³
Взвешенные вещества	70%	117	35,1

Окончание таблицы 1 – Степень очистки кассеты с фильтрующей загрузкой

Наименование	Процент очистки	Исходная вода, <i>мг/дм³</i>	После фильтрации, <i>мг/дм³</i>
Окисленное железо (<i>Fe_{общ}</i>)	75%	0,02	0,005
Кальций (<i>Ca</i>)		4,8	1,2
Магний (<i>Mg</i>)		2,6	0,65
Цветность	70%	6,76	2,028
Мутность		14,1	4,23

3.2 Расчет площади водоочистной плоской сетки

Площадь водоочистных плоских сеток, располагаемых под минимальным расчетным уровнем воды в водоприемно–сеточном отделении водозабора определяется по формуле

$$\Omega_c = \frac{Q_p}{v_c} \cdot K_{cm} \cdot K_z, \quad (3.4)$$

где v_c – допустимая скорость течения в сетке (не являются рыбозащитными сетками) принимаются равными $0,2 \div 0,4$ м/с для плоских сеток;

K_z – коэффициент, учитывающий засорение сеток, принимается - 1,5 для плоских сеток;

K_{cm} – коэффициент, учитывающий стеснение отверстия сеткой и опорными рамами, определяется по формуле

$$K_{cm} = \left(\frac{a+d}{a} \right)^2 \cdot K_p = \left(\frac{3,5+1}{3,5} \right)^2 \cdot 1 = 1,65, \quad (3.5)$$

где a – размер ячеек в свету, мм, 3,5;

d – диаметр проволоки сетки, мм, 1;

K_p – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий рамами и межрамочными уплотнениями;

K_p – определяется по особенностям конструкций сетки; для предварительного расчета принимается 1 для плоских сеток.

$$\Omega_c = \frac{0,09}{0,2} \cdot 1,65 \cdot 1,5 = 1,1 \text{ м}^2.$$

Подбираем типовую сетку с внешним подводом воды по [1] со следующими техническими характеристиками:

- марка сетки – ТН - 2400;
- пропускная способность – $1\text{-}5 \text{ м}^3/\text{с}$;
- высота сетки (H) – 1380 мм;
- ширина сетки (B) – 930 мм;

Потери напора в сетке h_c принимаем 0,1 м.

3.3 Расчет водозаборного ковша

Расчет водоприемного ковша заключается в определении его параметров (длины, ширины и глубины) требуемых, для того, чтобы обеспечить необходимые условия для забора воды.

Глубина водозаборного ковша определяется по формуле

$$H_K = H_{OK} + 1,2h_3 + 0,2 + h_{нор} + h_H, \quad (3.6)$$

где H_{OK} – высота водоприемных окон;

h_3 – слой льда в реке $h_3=0,9 \text{ м}$;

0,2 – углубление верхней части водоприемных окон водозабора под нижнюю кромку льда;

h_{nop} – высота порога отверстий водоприемных окон, принимается $0,4 \div 1$ м;

h_H – высота слоя наносов в водоприемном ковше, $h_H = 0,35$ м.

$$H_K = 1,4 + 1,2 \cdot 0,9 + 0,2 + 1 + 0,35 = 4 \text{ м}.$$

Ширина водоприемного ковша определяется по формуле

$$B_K = Q_3 / (H_K v_K), \quad (3.7)$$

где Q_3 – расчетный расход, $\text{м}^3/\text{с}$;

v_K – скорость течения в ковше, зависит от скорости потока в реке, $v_K = 5 - 15$ мм/с.

$$B_K = 0,18 / (4 \cdot 0,005) = 9 \text{ м}.$$

Длина водоприемного ковша

$$L_K = L_{вх} + L_p + L_{ш}, \quad (3.8)$$

где $L_{вх}$ – длина входного участка водоприемного ковша, в границах которого отмечается водоворотная зона с усиленным закупориванием при шугоходе;

$$L_{вх} = (1 \div 1,5) \cdot B_K = (1 \div 1,5) \cdot 9 = 6 \text{ м}, \quad (3.9)$$

L_p – длина рабочего участка водоприемного ковша, в границах которого к окончанию шугохода, происходит всплытие в транзитной зоне шуги гидравлической крупностью $w_\omega = 0,015 \div 0,02$;

$$L_p = 28,7 + (\sqrt{b_h^2 + 0,105 Q_3 / w_\omega} - b_h), \quad (3.10)$$

где b_h – исходная ширина транзитной зоны в ковше.

$$b_h = Q_3 / (H_{квх} \cdot v_{квх}), \quad (3.11)$$

где $H_{квх}$ – глубина потока воды на входе в водоприемный ковш в период шугохода, $H_{квх} = 4$ м;

$v_{квх}$ – скорость поступления воды в ковш, принимаемая $(0,4 \div 0,6)v_p$.

$$b_h = 0,18 / (4 \cdot 0,005) = 9 \text{ м},$$

$$L_p = 28,7 + (\sqrt{9^2 + 0,105 \cdot 0,18 / 0,02} - 9) = 28,75 \text{ м}.$$

Длина водоприемного ковша равна

$$L_k = 6 + 28,75 + 10 = 44,75 \text{ м}.$$

4 Водоподготовка

4.1 Сверхскоростная фильтровальная станция

Площадь фильтрования

$$F = \frac{Q_{nom}}{V_n} = \frac{2810,461}{25} = 112,4 \text{ м}^2, \quad (4.1)$$

где Q_{nom} – расход потребителя на хозяйственно-питьевые нужды, включая полив и пожар, $\text{м}^3/\text{ч}$;

V_n – скорость фильтрования в период промывки одного фильтра, $V_n = 20\text{-}25 \text{ м/с}$.

Количество фильтров в блоке принимается равным $N=6\text{-}10$, тогда площадь одного фильтра равна

$$f = \frac{F}{N} = \frac{112,4}{10} = 11,24 \text{ м}^2. \quad (4.2)$$

Принимаем 10 фильтров в блоке, диаметр фильтра

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow d = 3,4 \text{ м}. \quad (4.3)$$

Расход воды на промывку фильтра

$$Q_{np} = i \cdot f \cdot 3,6 = 10 \cdot 9,1 \cdot 3,6 = 327,6 \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (4.4)$$

где i – интенсивность промывки, $i = 10 \text{ л} \cdot \text{с} / \text{м}^2$.

Скорость фильтрования в период промывки одного фильтра

$$v_\phi = \frac{(Q_{nom} + Q_{np})}{f \cdot (N - 1)} = \frac{(2810,461 + 327,6)}{9,1 \cdot (10 - 1)} = 38 \text{ м} / \text{ч}. \quad (4.5)$$

Объем воды на промывку одного фильтра при $t=6 \text{ мин}=0,1 \text{ ч}$

$$W_{np} = Q_{np} \cdot t_{np} = 327,6 \cdot 0,1 = 32,76, \text{ м}^3. \quad (4.6)$$

Суточный расход воды на промывку фильтров сверхскоростной фильтровальной станции

$$W_{np.cym.} = W_{np} \cdot N \cdot n_{np} = 32,76 \cdot 10 \cdot 2 = 655,2 \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (4.7)$$

где n_{np} – число промывок каждого фильтра в сутки, $n_{np} = 2$.

Этот расход у воды на промывку фильтров учитывается при балансовом расчете.

К установке принимаем 10 фильтров диаметром 3,4 м, с загрузкой из угля и гравия.

4.2 Расчет напорного фильтра

Расчет механического напорного фильтра проводится на основании данных о производительности и времени, которое работает фильтр.

Площадь фильтра определяется по формуле

$$F = \frac{Q}{T \cdot V - 3,6 \cdot (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n \cdot t_4 \cdot V}, \quad (4.8)$$

где Q – производительность напорного фильтра;

T – продолжительность работы фильтра в течении суток, ч;

V – скорость фильтрования, м/ч;

w_1 и t_1 – интенсивность (л/с·м²) и продолжительность (ч) взрыхления загрузки;

w_2 и t_2 – интенсивность (л/с·м²) и продолжительность (ч) воздушной промывки;

w_3 и t_3 – интенсивность (л/с·м²) и продолжительность (ч) отмывки;

t_4 – продолжительность простоя напорного фильтра на время промывки, ч.

$$F = \frac{13056,61}{24 \cdot 20 - 3,6 \cdot (9,8 \cdot 0,017 + 4,9 \cdot 0,083 + 9,8 \cdot 0,034) - 2 \cdot 0,33 \cdot 20} = 28 \text{ м}^2.$$

Количество фильтров определяется исходя из площади одного фильтра

$$f = \pi R^2, \quad (4.9)$$

где Q – радиус сечения фильтра.

$$f = 3,14 \cdot 1,7^2 = 9,075 \text{ м}^2.$$

Количество фильтров определяем по формуле

$$N = \frac{F}{f}, \quad (4.10)$$

где F – площадь механического напорного фильтра;

$$N = \frac{28}{9,075} = 3 \text{ шт.}$$

Принимаем станцию из двух рабочих фильтров и одного резервного, типа МФОВ, диаметром 3,4 м. Интенсивность промывки $W=8 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$.

Расход на промывку одного напорного фильтра определяется по формуле

$$q_{np} = f \cdot W, \quad (4.11)$$

$$q_{np} = 9,075 \cdot 8 = 72,6 \text{ л/с} = 0,073 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

При скорости входа промывной воды в стальной коллектор $v_{кол}=1,07 \text{ л/с}$, диаметр распределительной системы фильтра будет равен 250 мм.

По каждую из сторон коллектора, располагается по 6-7 ответвлений в виде горизонтальных труб диаметром 60 мм, приваренных к коллектору под прямым углом на одинаковых расстояниях, $3:12=0,25 \text{ м}$ (между осями труб).

На втулках ответвлений устанавливаются фарфоровые щелевые дренажные колпачки ВТИ-5. Требуемая полная площадь щелей в колпачках должна составлять 0,8-1% рабочей площади напорного фильтра

$$\sum w = 0,008 \cdot \frac{\pi D^2}{4}, \quad (4.12)$$

$$\sum w = 0,008 \cdot \frac{3,14 \cdot 3,4^2}{4} = 0,073 \text{ м}^2.$$

Площадь отверстий на каждом дренажном колпачке ВТИ-5 равна $f_{и\phi}=192 \text{ мм}^2=0,000192 \text{ м}^2$.

Количество дренажных колпачков, на ответвлениях распределяющей системы

$$n = \frac{\sum u_{\phi}}{f_{и\phi}}, \quad (4.13)$$

$$n = \frac{0,073}{0,000192} = 380 \text{ шт.}$$

Т.к., фильтр имеет в плане круглое сечение, то ответвления будут иметь разную длину, а именно: 0,71 м; 0,98 м; 1,14 м; 1,27 м; 1,33 м; 1,38 м.

Общая длина всех ответвлений системы напорного фильтра диаметром 3,4м, составит

$$L = 4 \cdot (0,71 + 0,98 + 1,14 + 1,27 + 1,33 + 1,38) = 27,24 \text{ м.}$$

Среднее расстояние между колпачками определяем по формуле

$$e = \frac{L}{n}, \quad (4.14)$$

$$e = \frac{27,24}{380} = 72 \text{ мм.}$$

На ответвлениях длиной 1,38 м, устанавливаются по 15 колпачков, а на ответвлениях длиной 0,71 м, 8 колпачков.

Число дренажных колпачков на 1 м² составляет

$$n_k = \frac{e}{f}, \quad (4.15)$$

$$n_k = \frac{380}{9,075} = 42 \text{ шт.}$$

Объем промывной воды на один колпачок

$$Q_{\text{кол}} = \frac{0,073}{380} = 0,0002 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Скорость движения промывной воды через щели колпачка определяем по формуле

$$V_{\text{щ}} = \frac{Q_{\text{кол}}}{f_{\text{щ}}}, \quad (4.16)$$

$$V_{\text{щ}} = \frac{0,0002}{0,000192} = 1,05 \text{ м} / \text{с}.$$

Объем промывной воды, который приходится на ответвление длиной 1,38 м и числом колпачков $n=15$, определим по формуле

$$q_{\text{отв}} = n \cdot Q_{\text{кол}}, \quad (4.17)$$

$$q_{\text{отв}} = 15 \cdot 0,0002 = 0,003 \text{ м}^3.$$

При скорости равной $v = 1,8 - 2 \text{ м} / \text{с}$, диаметр ответвления будет равен 50 мм, что отвечает скорости $v_{\text{отв}} = 1,41 \text{ м} / \text{с}$.

Сопротивление в щелях колпачков определяется по формуле

$$h = \frac{V_{щ}^2}{2g\mu^2}, \quad (4.18)$$

где $V_{щ}$ – скорость воды в щелях дренажного колпачка, м/с;

μ – коэффициент расхода - 0,5.

$$H = \frac{1,05^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2} = 0,225 \text{ м.}$$

На самом длинном боковом ответвлении располагается 15 колпачков, тогда

$$\sum h = 15 \cdot h, \quad (4.19)$$

$$\sum h = 15 \cdot 0,225 = 3,375 \text{ м.}$$

Порядок промывки фильтров следующий: взрыхление фильтрующей загрузки с интенсивностью $6-8 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2 - 1 \text{ мин}$, воздушная промывка фильтра $3-4 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ воды и $20-25 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ воздуха – 5 мин , отмывка фильтра водой $6-8 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2 - 2 \text{ мин}$.

Отвод промывочной воды с фильтра производится с помощью водосборной колонки; диаметр воронки должен быть $d_6 = (0,2-0,25)D$ (где D – диаметр напорного фильтра). Принимаем $d_6 = 700 \text{ мм}$.

Степень очистки механических фильтров представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Степень очистки механических фильтров

Наименование	Процент очистки	Исходная вода, мг/л	После очистки, мг/л		
			I-Фильтр	II-Фильтр	III-Фильтр
Взвешенные вещества	93%	40,9	2,863	0,2	0,014

Окончание таблицы 2 – Степень очистки механических фильтров

Наименование	Процент очистки	Исходная вода, мг/л	После очистки, мг/л		
			I-Фильтр	II-Фильтр	III-Фильтр
Окисленное железо ($Fe_{общ}$)	93%	0,005	0,00035	0,0000245	0,00000172
Цветность		2,028	0,14	0,0099	0,0007
Мутность		4,23	0,3	0,021	0,0015

3.3 Расчет напорного сорбционного фильтра

В качестве сорбционного используется фильтр с загрузкой МС 540 л.

Корпус фильтра диаметром 3,4 м, изготовлен из углеродистой стали с наружным и внутренним защитным покрытием.

Расчет сорбционного напорного фильтра проводится на основании данных о производительности и времени, которое работает фильтр.

Условия применения:

- сорбент МС надежно работает при уровне рН от 5;
- скорость фильтрации 10-15 м/ч;
- высота загрузки 40-100 см;
- скорость промывки 28-30 м/ч.

Площадь сорбционного фильтра вычисляется по формуле

$$F = \frac{13056,61}{24 \cdot 20 - 3,6 \cdot (9,8 \cdot 0,017 + 4,9 \cdot 0,083 + 9,8 \cdot 0,034) - 2 \cdot 0,33 \cdot 20} = 28 \text{ м}^2.$$

Количество фильтров определяем по формуле

$$N = \frac{28}{9,075} = 3шт.$$

Принимаем станцию из двух рабочих фильтров и одного резервного, типа ФСУ, диаметром 3,4 м. Интенсивность промывки $W=9,8 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$.

Расход на промывку одного напорного фильтра определяется по формуле

$$q_{np} = 9,075 \cdot 9,8 = 88,94 \text{ л/с} = 0,089 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

При скорости входа промывной воды в стальной коллектор $v_{кол}=1,07 \text{ л/с}$, диаметр распределительной системы фильтра будет равен 250 мм.

По каждую из сторон коллектора, располагается по 6-7 ответвлений в виде горизонтальных труб диаметром 60 мм, приваренных к коллектору под прямым углом на одинаковых расстояниях, $3:12=0,25 \text{ м}$ (между осями труб).

На втулках ответвлений устанавливаются фарфоровые щелевые дренажные колпачки ВТИ-5. Требуемая полная площадь щелей в колпачках должна составлять 0,8-1% рабочей площади напорного фильтра

$$\sum_{щ} = 0,008 \cdot \frac{3,14 \cdot 3,4^2}{4} = 0,073 \text{ м}^2.$$

Площадь отверстий на каждом дренажном колпачке ВТИ-5 равна $f_{щ}=192 \text{ мм}^2=0,000192 \text{ м}^2$.

Количество дренажных колпачков, на ответвлениях распределяющей системы

$$n = \frac{0,073}{0,000192} = 380шт.$$

Т.к., фильтр имеет в плане круглое сечение, то ответвления будут иметь разную длину, а именно: 0,71 м; 0,98 м; 1,14 м; 1,27 м; 1,33 м; 1,38 м.

Общая длина всех ответвлений системы напорного фильтра диаметром 3,4м, составит

$$L = 4 \cdot (0,71 + 0,98 + 1,14 + 1,27 + 1,33 + 1,38) = 27,24 \text{ м.}$$

Среднее расстояние между колпачками определяем по формуле

$$e = \frac{27,24}{380} = 72 \text{ мм.}$$

На ответвлениях длиной 1,38 м, устанавливаются по 15 колпачков, а на ответвлениях длиной 0,71 м, 8 колпачков.

Число дренажных колпачков на 1 м² составляет

$$n_k = \frac{380}{9,075} = 42 \text{ шт.}$$

Объем промывной воды на один колпачок

$$Q_{\text{колп}} = \frac{0,073}{380} = 0,0002 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Скорость движения промывной воды через щели колпачка определяем по формуле

$$V_{\text{щ}} = \frac{0,0002}{0,000192} = 1,05 \text{ м / с.}$$

Объем промывной воды, который приходится на ответвление длиной

1,38м и числом колпачков $n=15$, определим по формуле

$$q_{отв} = 15 \cdot 0,0002 = 0,03 \text{ м}^3.$$

При скорости равной $v = 1,8 - 2 \text{ м/с}$, диаметр ответвления будет равен 50 мм, что отвечает скорости $v_{отв} = 1,41 \text{ м/с}$.

Сопротивление в щелях колпачков определяется по формуле

$$H = \frac{1,05^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2} = 0,225 \text{ м}.$$

На самом длинном боковом ответвлении располагается 15 колпачков, тогда

$$\sum h = 15 \cdot 0,225 = 3,375 \text{ м}.$$

Порядок промывки фильтров следующий: взрыхление фильтрующей загрузки с интенсивностью $6-8 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2 - 1 \text{ мин}$, воздушная промывка фильтра $3-4 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ воды и $20-25 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ воздуха – 5 мин , отмывка фильтра водой $6-8 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2 - 2 \text{ мин}$.

Отвод промывочной воды с фильтра производится с помощью водосборной колонки; диаметр воронки должен быть $d_в = (0,2-0,25)D$ (где D – диаметр напорного фильтра). Принимаем $d_в = 700 \text{ мм}$.

4.4 Расчет ионообменных фильтров

Ионообменный метод можно предлагать для обессоливания воды с общим содержанием солей не больше 3000 мг/л и при наличии взвешенных веществ не более 8 мг/л и цветности не более 30° .

Когда не требуется глубокое обессоливание воды, а необходимо привести солесодержание воды до нормы, предъявляемой к питьевой воде, то есть только опреснить воду, применяются одноступенчатые ионообменные установки катионитовых и анионитовых фильтров.

При одноступенчатой схеме фильтрации вода проходит через Н-катионитовый фильтр, заполненный сильнокислым катионитом КУ-2, сорбирующим катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^{+} и замещающим их ионами H^{+} . Солесодержание уменьшается на величину, равную щелочности воды исходного качества, которая соответствует содержанию бикарбонатных ионов в воде. После, вода проходит через фильтры заполненные АВ 17-8 и АН 18, в которых, ионы сульфатные SO_3^{2-} и хлоридные Cl^{-} обмениваются на ионы OH^{-} анионита.

Для удаления свободного CO_2 между катионитовыми и анионитовыми фильрами или в конце установки устанавливают дегазатор.

Катионит регенерируют 5% раствором HCl или H_2SO_4 , а анионит – 4% раствором Na_2CO_3 .

Использование для регенерации Н-катионитовых фильтров H_2SO_4 создает риск карбонизации катионита. Из за этого рекомендуется ступенчатая регенерация, с постепенным увеличением концентрации H_2SO_4 с 1 до 5%.

Одноступенчатая фильтрация позволяет снизить солесодержание воды с 2000 до 10 мг/л, но анион SiO_3^{2-} остается практически не очищенным.

При двухступенчатой схеме фильтрации, соленую воду сперва пропускают через Н-катионитовые фильтры первой ступени с слабоосновным анионитом: АН-2ФН, удерживающим ионы сильных кислот (нитраты, сульфаты, хлориды). После вода поступает в Н-катионитовые фильтры второй ступени, удерживающие катионы натрия, и в конце через анионитовые фильтры второй ступени заполненные сильноосновным анионитом АВ 17-6. На данном этапе извлекаются анионы кремниевой кислоты и остатки свободного CO_2 , не извлеченные в декарбонизаторе, который размещают после Н-катионитовых фильтров второй ступени.

Трехступенчатая схема ионообменной установки, позволяет совершить более глубокое обессоливание воды, с остаточным солесодержанием в ней 0,1 мг/л и уменьшить содержание кремниевой кислоты до 0,05 мг/л.

Данные анализа исходной воды представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные анализа исходной воды

Наименование	Содержание вещества, мг/л	Количество вещества, мг/л на 1 мг-экв/л	Содержание вещества, мг-экв/л
Катионы:			
Ca^{2+}	25	20,04	9,96
Mg^{2+}	2,6	12,16	7,32
Na^{+}	2,7	23	8,22
Всего	30,3	-	25,5
Анионы:			
Cl^{-}	1,1	35,46	0,03
SO_4^{2-}	8,1	48,03	0,17
SiO_3^{2-}	5,9	38,04	0,15
Всего	15,1	-	0,35

Общая минерализация исходной воды составляет

$$M = \Sigma K + \Sigma A, \quad (4.20)$$

$$M = 30,3 + 15,1 = 45,4 \text{ мг/л.}$$

4.5 Расчет катионитовых фильтров

Н-катионитовые фильтры всех 3 ступеней заполняют сильно-кислотным катионитом КУ-2.

Объем Н-катионита в фильтрах I ступени определяется по формуле

$$W_{H1} = \frac{\alpha_1 Q_{\text{сум}} \sum [K]}{n \cdot E_{\text{раб}}} = \frac{1,1 \cdot 13056,61 \cdot 30,3}{2 \cdot 1301,25} = 167 \text{ м}^3, \quad (4.21)$$

где α — коэффициент учета расхода воды на собственные нужды установки, $\alpha = 1,1$ — $1,35$;

$Q_{\text{сум}}$ — расход обессоленной воды, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$\sum K$ — сумма катионов в исходной воде, $\text{г-экв}/\text{м}^3$;

n — количество фильтроциклов в сутки.

$$E_{\text{раб}} = \alpha_1^H \gamma \cdot E_{\text{полн}} - 0,5q \cdot \sum [K] = 1301,25 \text{ г-экв}/\text{м}^3, \quad (4.22)$$

где α_1^H — коэффициент эффективности регенерации;

γ — коэффициент учета снижения обменной способности, Н-катионита, по катиону Na^+ по сравнению с обменной способностью по катионам жесткости;

$E_{\text{полн}}$ — полная обменная способность катионита равная для КУ2 1500 — 1700 $\text{г-экв}/\text{м}^3$ при $\gamma=0,8$ — $0,9$;

q — удельный расход воды на отмывку 1 м^3 Н-катионита.

Тогда при $E_{\text{полн}} = 1700 \text{ г-экв}/\text{м}^3$, $q=5 \text{ м}^3/\text{с}$.

При высоте загрузки фильтра $h=3 \text{ м}$, общая площадь катионитовых фильтров равна $\sum F_{H1} = 167/3 = 56 \text{ м}^2$.

Принимаем 6 фильтров, 1 резервный, диаметром 3,4 м, и площадью $63,5 \text{ м}^2$.

Скорость фильтрации при нормальном режиме

$$V = \frac{Q}{24 \cdot F_{H1}} = \frac{13056,61}{24 \cdot 63,5} = 8,6 \text{ м}/\text{ч}. \quad (4.23)$$

Для катионитовых фильтров 2 ступени

$$E_{\text{раб}} = \alpha_3 \cdot E_{\text{полн}} - 0,5q \cdot C_{Na} = 0,9 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 5 \cdot 23 = 1472,5 \text{ г-экв} / \text{м}^3, \quad (4.24)$$

где C_{Na} — содержание Na в воде поступающей на Н-катионитовые фильтры 2 ступени, вследствие проскока Na в фильтрат 1 ступени.

Величина C_{Na} принимается равной концентрации натрия в исходной воде.

$$E_{\text{раб}} = \alpha_1^H \gamma \cdot E_{\text{полн}} - 0,5q \cdot \sum[K] = 1148,25 \text{ г-экв} / \text{м}^3.$$

Количество фильтроциклов в сутки, $n=2$.

Объем катионитовой загрузки определяется по формуле

$$W_{H1} = \frac{\alpha_1 Q_{\text{сум}} \sum[K]}{n \cdot E_{\text{раб}}} = \frac{0,91 \cdot 13056,61 \cdot 30,3}{2 \cdot 1148,25} = 156 \text{ м}^3.$$

При высоте загрузки фильтра $h=2,5$ м, общая площадь катионитовых фильтров 2 ступени равна $\sum F_{H2} = 156 / 2,5 = 62,4 \text{ м}^2$.

Принимаем 3 фильтра, 1 резервный, диаметром 3,4 м, и площадью $63,5 \text{ м}^2$. Н-катионитовые фильтры 3 ступени принимаем такие же, как и фильтры 2 ступени.

Скорость фильтрации воды через Н-катионитовые ионообменные фильтры 2 ступени должна быть не больше 25 м/ч , а при выключении одного фильтра на регенерацию — не более 30 м/ч . Для фильтров 2 и 3 ступени, скорость можно увеличить до $40\text{-}60 \text{ м/ч}$.

4.6 Расчет анионитовых фильтров

Для анионитовых фильтров 1 ступени расчетная обменная способность слабоосновного анионита АН-18 во влажном состоянии составляет $E_{\text{раб}}=1000 \text{ г-экв/м}^3$.

Расчетная скорость фильтрации анионитовых фильтров 1 ступени вычисляется по формуле

$$v_p = \frac{E_{\text{раб}} h_a - 5 h_a A}{TA + 0,02 E_{\text{раб}} \ln A - 0,1 A \ln A}, \quad (4.25)$$

$$v_p = \frac{1000 \cdot 2,5 - 5 \cdot 2,5 \cdot 15,1}{7,25 \cdot 15,1 + 0,02 \cdot 1000 \cdot 2,7 - 0,1 \cdot 15,1 \cdot 2,7} = 14,5 \text{ м/ч.}$$

где h_a — высота загрузки анионитовых фильтров 1 ступени, равная 2,5 м;

A — содержание анионов сильных кислот в исходной воде.

T — время работы каждого фильтра между регенерациями в ч, равная

$$T = \frac{24}{n} - t_1 - t_2 - t_3 = \frac{24}{2} - 0,25 - 1,5 - 3 = 7,25 \text{ ч.} \quad (4.26)$$

где n — количество регенераций в сутки, принимается равное 2;

t_1 — длительность взрыхления анионита, равна 0,25 ч;

t_2 — длительность пропуска через анионит регенерационного раствора щелочи, равна 1,5 ч;

t_3 — длительность промывки анионита после регенерации, равна 3 ч.

Площадь анионитовых фильтров определяется по формуле

$$\sum F_{\text{А1}} = \frac{Q}{n T v_p} = \frac{13056,61}{2 \cdot 7,25 \cdot 14,5} = 62 \text{ м}^2. \quad (4.27)$$

Принимаем 3 рабочих и 1 резервный фильтр, диаметров 3,4 м.

Для анионитовых фильтров 2 ступени, расчетная величина обменной способности определяется

$$E_{\text{расч}} = E_{\text{раб}} - 0,5 q C_{\text{сio3}} = 1000 - 0,5 \cdot 5 \cdot 38,04 = 905,25 \text{ экв/м}^2. \quad (4.28)$$

где q — удельный расход осветленной воды в м^3 на 1 м^3 анионитовой загрузки;
 $C_{\text{SiO}_3^{2-}}$ — содержание оксида кремния в исходной воде в мг-экв/л .

Для загрузки фильтров 2 ступени, выбираем сильноосновный анионит АВ17-8.

Объем анионитовой загрузки определяется по формуле

$$W_{A2} = \frac{\alpha_1 Q_{\text{сут}} \sum [A]}{n \cdot E_{\text{раб}}} = \frac{1,1 \cdot 13056,61 \cdot 15,1}{2 \cdot 639,6} = 169 \text{ м}^3, \quad (4.29)$$

где α — коэффициент учета расхода воды на собственные нужды установки, $\alpha = 1,1—1,35$;

$Q_{\text{сут}}$ — расход обессоленной воды, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$\sum A$ — сумма анионов в исходной воде, г-экв/м^3 ;

n — количество фильтроциклов в сутки.

$$E_{\text{раб}} = \alpha_1^H E_{\text{полн}} - 0,8q \cdot \sum [A] = 639,6 \text{ г-экв/м}^3, \quad (4.30)$$

где α_1^H — коэффициент эффективности регенерации;

$E_{\text{полн}}$ — полная обменная емкость анионита;

q — удельный расход воды на отмывку 1 м^3 анионита после регенерации.

Анионитовые фильтры 3 ступени принимают по скорости фильтрации до 30 м/ч и высоте загрузки $2,5 \text{ м}$, следовательно принимаем фильтры таких же параметров как и для 2 ступени.

4.7 Обеззараживание воды

Для обеззараживания воды, рассчитываем установку «Ультрафиолет + Ультразвук».

Расчетный бактерицидный поток определяется по формуле

$$F_{\delta} = \frac{Q_{\delta} \cdot \alpha \cdot K \cdot \lg(P \div P_0)}{1563,4 \cdot \eta \cdot \eta_0}, \quad (4.31)$$

где Q — расход воды на обеззараживание, $м^3/ч$;

α — частота поглощения облучаемой воды в $см^{-1}$, для очищенной воды с поверхностных источников равен $0,3 \text{ см}^{-1}$;

K — коэффициент сопротивления облученных бактерий, равен 2500;

P_0 — число бактерий в одном литре воды, $P_0=1000$;

где P — число бактерий после облучения;

η — коэффициент использования потока, для погружных установок равен 0,9;

η_0 — коэффициент использования излучения, зависит от слоя воды, ее свойств и конструкции установки, принимается 0,9.

$$F_{\delta} = \frac{544 \cdot 0,3 \cdot 2500 \cdot \lg(11551,3)}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 1631 \text{ Bm}.$$

Расход электрической энергии на обеззараживание, определяется по формуле

$$S = \frac{N_n}{Q_{\text{час}}}, \quad (4.32)$$

где N — мощность одной лампы.

$$S = \frac{80}{544} = 0,15 \text{ Bm} \cdot ч / м^3.$$

Необходимое число ламп вычисляется по формуле

$$n = \frac{F_{\bar{o}}}{N_n}, \quad (4.33)$$

$$n = \frac{1631}{80} = 20 \text{шт.}$$

Подбираем бактерицидную установку для обеззараживания воды, модель ФХРК-М500, «Ультрафиолет + Ультразвук». Данная технология во много раз эффективнее обычных ультрафиолетовых ламп. Ультразвук предотвращает обрастание ламп и увеличивает результат обеззараживания. Периодической очистки станция не требует.

5 Эколого-экономический аспект проекта

5.1 Определение размера ущерба, при использовании поверхностного источника водоснабжения

Размер ущерба, причиняемого водному объекту при эксплуатации его как единственного источника, для водоснабжения ТЭЦ, определяется по формуле

$$Y_{\text{И}} = K_{\text{В}} \cdot K_{\text{ИН}} \cdot H_{\text{И}} \cdot O_{\text{В}}, \quad (5.1)$$

где $K_{\text{В}}$ – коэффициент, учитывающий состояние водных объектов, для реки Енисей равен 1,25;

$K_{\text{ИН}}$ – коэффициент, учитывающий процент инфляции;

$H_{\text{И}}$ – такса для вычисления размера ущерба, причиненного водоемам при заборе воды из них, для реки Енисей 5,8 руб.;

$O_{\text{В}}$ – количество воды, необходимое для восстановления водоема от истощения, принимается равным удвоенному объему воды, забранному из водоема, тыс., м³.

Во время забора воды и водоподготовки, образуются потери воды на сооружениях, которые необходимо восполнять, для работы предприятия, т.е. увеличить объем забираемой воды. Потери воды на сооружениях представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Удельные потери воды на сооружениях на 1 м³

Технологическая схема			
Существующие сооружения		Оптимизированные сооружения	
Сорудерживающие решетки	0,005	ФКЗ	0,001
Угольный напорный фильтр	0,008	Сорбционный и сверхскоростной фильтр	0,003
УФ камера	0,0012	УФ + УЗ	-

Количество воды, необходимое для восстановления водоема от истощения, с учетом потерь воды на сооружениях вычисляется по формуле

$$O_B = (Q_{общ} + \sum k_{потерь} \cdot Q_{общ}), \quad (5.2)$$

где $k_{потерь}$ – удельные потери на сооружениях на 1 м^3 ;

$Q_{общ}$ – суммарное водопотребление на предприятии.

Для существующей технологической схемы количество воды для восстановления водоема

$$O_B = 2 \cdot (15,867 + (0,005 + 0,008 + 0,0012) \cdot 15,867) = 32,184 \text{ тыс. м}^3.$$

Размер ущерба для существующей схемы равен

$$U_{II} = 1,25 \cdot 2,85 \cdot 5,8 \cdot 32,184 = 665 \text{ тыс. руб.}$$

Для оптимизированной схемы, количество воды для восстановления водоема

$$O_B = 2 \cdot (15,867 + (0,001 + 0,003) \cdot 15,867) = 31,86 \text{ тыс. м}^3.$$

Размер ущерба для оптимизированной схемы равен

$$U_{II} = 1,25 \cdot 2,85 \cdot 5,8 \cdot 31,86 = 658 \text{ тыс. руб.}$$

Оптимизированная технологическая схема, совершенствует схему очистки, а также снижает выплаты за ущерб, который наносится водоему во время его эксплуатации.

5.2 Расчет расходов на заработную плату

Расход на заработную плату зависит от количества работающих, районного коэффициента и годового фонда работающих, данные представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Фонд заработной платы существующей схемы

Категория работающего	Количество работников	Месячный фонд, <i>тыс.руб.</i>	Годовой фонд <i>тыс.руб.</i>
Рабочие	3	87,75	1053
ИТР	1	48,75	585
Оператор	2	97,5	1170
Лаборант	3	146,25	1755
МОП	2	24,3	292
Итого	11	404,6	4855

При количестве работников цеха, 11 человек, годовой фонд заработной платы с учетом всех отчислений и коэффициентов, определяется по формуле

$$C_{з/г} = 12 \cdot МРОТ \cdot n \cdot K_p \cdot K_c \cdot Ч, \quad (5.3)$$

где 12 – количество месяцев в 1 году;

$МРОТ$ – минимальный размер оплаты труда, *тыс.руб.*;

n – коэффициент, учитывающий квалификацию работника;

K_p – районный коэффициент равный 1,6;

K_c – коэффициент, учитывающий отчисления единого социального налога в государственные фонды, равен 1,365;

$Ч$ – численность сотрудников.

Соответственно, зарплаты каждой категории работников

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 3 = 1053 \text{ тыс. руб.},$$

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 1 = 585 \text{ тыс. руб.},$$

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 2 = 1170 \text{ тыс. руб.},$$

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 3 = 1755 \text{ тыс. руб.},$$

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 0,5 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 2 = 292 \text{ тыс. руб.}.$$

Оптимизация технологии, позволяет снизить число работников в цехе. Расходы на заработную плату персоналу, показаны в таблице 6.

Таблица 6 – Фонд заработной платы оптимизированной схемы

Категория работающего	Количество работников	Месячный фонд, тыс.руб.	Годовой фонд тыс.руб.
Рабочие	2	58,5	702
ИТР	1	48,75	585
Оператор	1	48,75	585
Лаборант	2	97,5	1170
МОП	2	24,3	292
Итого	8	277,8	3334

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 2 = 702 \text{ тыс. руб.},$$

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 1 = 585 \text{ тыс. руб.},$$

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 1 = 585 \text{ тыс. руб.},$$

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 2 = 1170 \text{ тыс. руб.},$$

$$C_{з/н} = 12 \cdot 11163 \cdot 0,5 \cdot 1,6 \cdot 1,365 \cdot 2 = 292 \text{ тыс. руб.}.$$

Оптимизация технологической схемы, позволяет уменьшить численность персонала, следовательно снизить расходы на зарплаты около 1521 *тыс.руб.* в год.

6 Технология и организация строительного производства

6.1 Определение объемов земляных работ

Объемы земляных работ рассчитаны для участка водопроводной сети с длиной трубопровода 470 м. Участки запроектированы из полиэтиленовых труб ПРАГМА, $d_y=200$ мм, длина одной трубы 6 м. Масса 1 м трубы при толщине стенки 1,4 мм равна 3,24 кг. Грунт на участке строительства – супесь. Сезон строительства – лето.

Минимально допустимая глубина прокладки водопроводного трубопровода определяется

Если $d \leq 800$ мм, то $h_1=H_{np}+0,3$ м;

Если $d > 800$ мм, то $h_1=H_{np}+0,5$ м.

$$h_1=H_{np}+0,3 \text{ м}, \quad (6.1)$$

$$h_1=2,6+0,3=2,9 \text{ м}.$$

Максимальная глубина прокладки труб в конце трубопровода определяется

$$h_2= h_1+i \cdot L_{mp}, \quad (6.2)$$

$$h_2=2,9+0,002 \cdot 470=3,84 \text{ м}.$$

Средняя глубина прокладки труб на участке определяется

$$h_{cp}=(h_1+ h_2)/2, \quad (6.3)$$

$$h_{cp}=(2,9+3,84)/2=3,37 \text{ м}.$$

Принимаем траншею с наклонными стенками. Ширина траншеи зависит от типа трубы.

Ширина траншеи по дну определяется

$$B = d_{нар} + 0,5 \text{ м}, \quad (6.4)$$

$$B = 0,225 + 0,5 = 0,725 \text{ м}.$$

Коэффициент заложения откосов m принимаем в зависимости от типа грунта и глубины траншеи.

$$m = 0,85.$$

Ширина траншеи по верху (в начале траншеи) определяется

$$E_1 = B + 2 \cdot m \cdot h_1, \quad (6.5)$$

$$E_1 = 0,725 + 2 \cdot 0,85 \cdot 2,9 = 5,66 \text{ м}.$$

Ширина траншеи по верху (в конце траншеи) определяется

$$E_2 = B + 2 \cdot m \cdot h_2, \quad (6.6)$$

$$E_2 = 0,725 + 2 \cdot 0,85 \cdot 3,84 = 7,25 \text{ м}.$$

Средняя ширина траншеи определяется

$$E_{cp} = (E_1 + E_2) / 2, \quad (6.7)$$

$$E_{cp} = (5,66 + 7,25) / 2 = 6,54 \text{ м}.$$

Объем разрабатываемого грунта при трапециидальном сечении траншеи определяется по формуле

$$V = F_{cp} \cdot L, \quad (6.8)$$

где F_{cp} - площадь поперечного сечения траншеи; L - длина траншеи.

$$F_{cp} = h_{cp} \cdot (B + E_{cp}) / 2, \quad (6.9)$$

$$F_{cp} = 3,37 \cdot (0,725 + 6,45) / 2 = 12,1 \text{ м}^2,$$

$$V = 12,1 \cdot 470 = 5685,4 \text{ м}^3.$$

Подбор колодца

Требуемый размер рабочей камеры колодца D_k в плане равен строительная длина задвижки + 1 м.

$$D_{p.k} = D_{нар} + 1, \quad (6.10)$$

$$D_{p.k} = 0,225 + 1 = 1,225 \text{ м.}$$

Фактический размер рабочей камеры канализационного колодца в плане определяется исходя из перечня колодцев, изготавливаемых на отечественных заводах железобетонных изделий. В настоящее время ими выпускаются колодцы с размером колец для рабочих камер, равным 0,7; 1,0; 1,5; 2,0 м. Принимаем колодец с размером колец 1,5 м.

Плита днища КЦД - 15:

Диаметр – 2,0 м, толщина плиты – 12 см, масса плиты – 940 кг.

Задвижка: с ручным управлением, материал – чугун, габариты задвижки по высоте – 1,682 м, строительная длина задвижки – 0,6 м, масса 460 кг.

Требуемый размер колодца:

Требуемая высота рабочей камеры колодца должна быть не менее 1,8 м и определяется

$$H_{p.k.}^{mp.} = 0,7 \cdot D_{нар} + 1,8, \quad (6.11)$$

$$H_{p.k.}^{mp.} = 0,7 \cdot 0,225 + 1,8 = 1,96 \text{ м.}$$

Фактическая высота рабочей камеры определяется с учетом высоты железобетонных колец, выпускаемых заводами железобетонных изделий. Кольца рабочей камеры с внутренним диаметром 1,5 м имеют высоту 0,9 и 0,6 м. Таким образом, фактическая высота рабочей камеры составит

$$H_{p.k.}^{\phi.} = 0,9 + (0,6 \cdot 2) = 2,1 \text{ м.}$$

Для обеспечения доступа к колодцу обслуживающего персонала в стенке кольца устанавливают стальные скобы или опускают в него надежную лестницу, изготовленную из стального уголка или труб из того же материала.

Объем грунта определяется по формуле

$$V = V_m + V_p, \quad (6.12)$$

где V_m - объем грунта, разрабатываемый механизированным способом;

V_p - объем грунта, разрабатываемый вручную.

$$V_m = V_m^1 + V_m^2, \quad (6.13)$$

где $V^1_{\text{м}}$ – объем грунта, разрабатываемый для отрывки траншеи;

$V^2_{\text{м}}$ – объем грунта, разрабатываемый при рытье котлована под колодцы.

$$V^1_{\text{м}} = (F_{\text{ср}} + (m[(h_1 - 0,2) + (h_2 - 0,2)]^2)/12) \cdot l_1, \quad (6.14)$$

где l_1 – длина трубопровода без суммарной длины колодца.

$$l_1 = L - a_2 \cdot N, \quad (6.15)$$

$$a_2 = a_1 + 2 \cdot m \cdot h_{\text{ср}}; \quad (6.16)$$

где a_1 – длина котлована по низу;

a_2 – длина котлована по верху.

$$V^1_{\text{м}} = (12,1 + (0,85[(2,9 - 0,2) + (3,84 - 0,2)]^2)/12) \cdot 425,35 = 14649,8 \text{ м}^3,$$

$$V^2_{\text{м}} = (h_{\text{ср}} [\{2 \cdot a_1 + a_2\} \cdot \vartheta_1 + \{2 \cdot a_2 + a_1\} \cdot \vartheta_2] / 6) \cdot N, \quad (6.17)$$

$$V^2_{\text{м}} = (3,37 [\{2 \cdot 3,2 + 8,9\} \cdot 3,2 + \{2 \cdot 8,9 + 3,2\} \cdot 8,9] / 6) \cdot 5 = 665,8 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{м}} = 14649,8 + 665,8 = 15315,6 \text{ м}^3,$$

$$V_p = V^1_p + V^2_p, \quad (6.18)$$

где V^1_p – объём грунта, разрабатываемый при рытье недобора;

V^2_p – объём грунта, разрабатываемый при отрывке приямков.

$$V^1_p = h_{\text{нед}} (B \cdot l^{\text{н}}_1 + a_1 \cdot \vartheta_1 \cdot N), \quad (6.19)$$

где $h_{нео}=0,2$ м;

l_1^H – длина трубопровода без суммарной длины котлованов под колодцы по низу.

$$l_1^H = L - a_1 \cdot N, \quad (6.20)$$

$$l_1^H = 470 - 3,2 \cdot 15 = 454 \text{ м},$$

$$V_p^1 = 0,2(0,725 \cdot 454 + 3,2 \cdot 3,2 \cdot 5) = 76,1 \text{ м}^3,$$

$$V_p^2 = V_{np} \cdot N_1, \quad (6.21)$$

где N_1 – количество прямков.

$$N_1 = (L - D_{p.к.внутр.} \cdot N) / l_{np}, \quad (6.22)$$

$$V_{np} = a \cdot b \cdot c, \quad (6.23)$$

где a , b , c – ширина, глубина, длина прямка: $a=0,6$ м, $b=0,225+0,5=0,725$ м, $c=0,2$ м.

$$V_{np} = 0,6 \cdot 0,725 \cdot 0,2 = 0,09 \text{ м}^3,$$

$$N_1 = (454 - 2 \cdot 5) / 6 = 77,2 = 78 \text{ прямков},$$

$$V_p^2 = 0,09 \cdot 78 = 6,8 \text{ м}^3,$$

$$V_p = 76,1 + 6,8 = 82,9 \text{ м}^3,$$

$$V = 15315,6 + 82,9 = 15398,5 \text{ м}^3.$$

6.2 Определение объёма земли, подлежащей вывозу в отвал за пределы строительства

Основная часть грунта, извлекаемого при разработке траншеи и котлована под колодцы, понадобится для обратной засыпки после монтажа и предварительного испытания трубопровода. Часть грунта при этом окажется лишней, так как вытиснится трубопроводом и колодцами.

Этот избыточный объем грунта подлежит вывозу в отвал за пределы строительства.

Объем грунта подлежащий вывозу в отвал за пределы строительства определяется по формуле

$$V_{отв}^6 = (V_{тр} + V_{кол}) \cdot k_{пр}, \quad (6.24)$$

где $V_{тр}$ – объем грунта, вытесняемого смонтированным трубопроводом, m^3 ;

$V_{кол}$ – объем грунта, вытесняемого смонтированными колодцами, m^3 ;

$k_{пр}$ – коэффициент первоначального увеличения объема грунта при рыхлении, 1,17.

$$V_{тр} = \frac{3,14 \cdot D_{нар}^2 \cdot l_1 \cdot k_p}{4}, \quad (6.25)$$

где k_p – коэффициент, учитывающий объем земли, вытесняемой раструбами или муфтами, для раструбных и муфтовых труб 1,05;

l_1 – длина трубопровода за вычетом суммарной длины всех колодцев.

$$V_{тр} = \frac{3,14 \cdot 0,225^2 \cdot 454 \cdot 1,05}{4} = 18,9 m^3.$$

Объем грунта, вытесняемого колодцами

$$V_{\text{кол}} = \frac{3,14 \cdot D_{\text{кол}}^2 \cdot h_{\text{кол}} \cdot N_{\text{кол}}}{4}, \quad (6.26)$$

где $D_{\text{кол}}$ – наружный диаметр колодца, м;

$h_{\text{кол}}$ – высота колодца, равная высоте траншеи с добавлением толщины плиты днища колодца (0,15 м) и бетонной подготовки (0,1 м).

$$V_{\text{кол}} = \frac{3,14 \cdot 1,68^2 \cdot 3,65 \cdot 5}{4} = 40,4 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{отв}}^6 = (18,9 + 40,4) \cdot 1,17 = 69,5 \text{ м}^3.$$

После окончания земляных работ по отрывке траншеи и котлованов под колодцы осуществляют монтаж трубопровода, заделку стыков труб, установку колодцев. При строительстве самотечных канализационных трубопроводов подходящие к колодцу и отходящие от него трубы заделываются в стенки колодцев до их внутренней поверхности. Внутри колодца поверх плиты днища заливают бетоном открытый лоток полукруглого сечения.

6.3 Предварительный выбор комплекта машин

Состав комплекта машин определяется видами работ, которые должны быть механизированы. К ним относятся: разработка грунта в траншеи и котлованов под колодцы; вывоз избыточного грунта за пределы строительства; монтаж трубопровода, колодцев и арматуры; обратная засыпка траншеи; планировка траншеи и отвалов.

Ведущей машиной в комплекте является экскаватор. Марка и тип других машин подбирается в зависимости от технических характеристик экскаватора. Подбор экскаватора начинают с определения объёма его ковша.

6.4 Методика выбора экскаватора для отрывки траншей

Для отрывки траншей и котлованов применяются одноковшовые экскаваторы, оборудованные обратной лопатой или экскаваторы – драглайны, характеристики экскаваторов представлены в таблице 7.

Определяется рекомендуемый объем ковша экскаватора в зависимости от месячного объема механизированных земляных работ $V_m^{мес}$ по справочнику.

$V_m^{мес} = V_m / (\text{реком. срок стр-а})$. Рекомендуемый срок строительства берётся в СНиП 1.04.03-85* в зависимости от назначения трубопровода, материала трубопровода, материала труб, диаметра труб, длины трубопровода, количество смен приняты при планировании работ.

По $V_m^{мес}$ по справочнику определяют объём ковша (V_k).

По справочнику подбирают две марки экскаваторов (с обратной лопатой) с рекомендуемым объёмом ковша и выписывают их следующие характеристики: марка, объём ковша, глубина копания, максимальный радиус резания, максимальная высота выгрузки.

Выполняют проверку возможности технического применения, которая заключается $H_k^{др.д.м} \geq h_2$.

Оба проходят проверку.

Сравнивают наибольшую глубину копания экскаваторов $H_k > h_2$.

При несоблюдении условия делают вывод об отказе принятой марки экскаватора. Если оба экскаватора не отвечает требованию 5.1 то отказываются от обеих марок и подбирают другие марки с большей глубиной копания.

В зависимости от результата п 5.1 возможны варианты.

Подходят обе марки экскаваторов окончательный выбор марки экскаватора делают на основе технико-экономического сравнения 3-х показателей.

- 1) Продолжительность отрывки траншеи.
- 2) Себестоимость отрывки 1 m^3 траншеи.
- 3) Трудоемкость отрывки 1 m^3 траншеи.

Один из экскаваторов не отвечает требованию 5.1 делают вывод по возможности применение только одного типа экскаваторов.

Обе марки не отвечают условию 5.1. В результате подбирают заново 2 марки экскаваторов с достаточной глубиной копания.

Оптимальная продолжительность строительства по СН 1.04.03-85*. 6 месяцев.

Таблица 7 – Технические характеристики экскаваторов

Наименование показателей	Тип экскаватора	
	Обратная лопата	Драглайн
Марка экскаватора	ЭО-5111ЕХЛ (Э-10011Е)	ЭО-5111ЕХЛ (Э-10011Е)
Объем ковша V_k, m^3	1	1
Наибольшая глубина копания H_k, m	8,2	9,4
Наибольшая высота выгрузки H_v, m	6	4,1
Наибольший радиус копания R_p, m	8,3	13,5
Наибольший радиус выгрузки R_v, m	9,2	12,2
Ширина ковша, m	1,4	1,3

После выбора марок, оценка технической возможности применения экскаватора.

$$H_{\kappa}^{ol} > h_2, H_{\kappa}^{dp} > h_2 \quad H_{\kappa}^{ol} = 8,2 \text{ м} > h_2 = 9,4 \text{ м} - \text{подходит только драглайн.}$$

Выбор марки средств для транспортирования избыточного грунта за пределы строительства.

Для транспортирования грунта на расстояние более 0,5 км применяются автосамосвалы.

Выбор марки самосвала производится с учётом:

- 1) Высота борта кузова самосвала должна быть не менее чем на 0,3 м ниже наибольшей выгрузки экскаватора;
- 2) Вместимость кузова должна обеспечивать нагрузку не менее 3-х ковшей экскаватора.

Рекомендуемая грузоподъемность самосвала принимается по справочнику строителя в зависимости от объёма ковша экскаватора и расстояния транспортирования.

Расстояние транспортирования 2,5 км, грузоподъемность 10 т;

По справочнику подбирают марку самосвала с грузоподъемностью 10 т КамАЗ-5511;

Высота борта кузова 2,40 м.

Количество ковшей экскаватора

$$n = G / (\gamma \cdot V_{\kappa} \cdot K_n), \quad (6.27)$$

где G – грузоподъемность самосвала, 10 т;

γ – плотность грунта, для супеси 1,3 т/м³;

V_{κ} – объём ковша;

K_n – коэффициент наполнения ковша, равный 0,85.

$$n=10/(1,3 \cdot 0,65 \cdot 0,85)=14,08 > 3.$$

Длительность погрузки одного самосвала определяется по формуле

$$t_{noz} = n / (n_u \cdot K_m), \quad (6.28)$$

где n_u – число циклов экскавации в минуту, $n_u=1$;

K_m – коэффициент, учитывающий условие подачи самосвала в забой, $K_m = 0,85$.

$$t_{noz} = 14,08 / (1 \cdot 0,85) = 16,57 \text{ мин.}$$

Количество рейсов самосвала в смену

$$P_p = t_{cm} \cdot 60 / (t_{noz} + 2 \cdot l / V \cdot 60 + t_p + t_m), \quad (6.29)$$

где t_{cm} – продолжительность смен, 8 ч;

l – расстояние транспортирования, 2,5 км;

V – средняя скорость движения самосвала, 20 км/ч;

t_p – время разгрузки, 1 мин;

t_m – длительность маневрирования машины, 3 мин.

$$P_p = 8 \cdot 60 / (16,57 + 2 \cdot 2,5 / 20 \cdot 60 + 1 + 3) = 24 \text{ рейса.}$$

Производительность самосвала в смену определяется по формуле

$$P_{a.c} = (G/\gamma) \cdot P_p, \quad (6.30)$$

$$P_{a.c} = (10/1,2) \cdot 24 = 200 \text{ м}^3/\text{смен.}$$

6.5 Выбор механизма для обратной засыпки траншеи и ее планировки

Обратная засыпка траншеи проводится после успешных предварительных испытаний.

Для обратной засыпки используется грунт, находящийся в отвале, после засыпки производят планировку поверхности траншеи.

Для обратной засыпки целесообразно использовать бульдозеры, марка бульдозера выбирается по следующей методики: для этой операции используются средние мощности бульдозера, по справочнику строителя.

ДЗ-117 (дизельный)

Базовая машина

T-130 М.Г.1

Продолжительность работ по обратной засыпке траншеи и отвалов.

Время работы бульдозера определяется

$$T_{\phi} = S \cdot H_{\phi} / 1000 \cdot t_{\text{см}}, \quad (6.31)$$

где S – площадь планируемой поверхности;

H_{ϕ} – норма времени на планирование единицы поверхности (1000 м^2);

$t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, 8 часов в день.

$$S = S_1 + S_2, \quad (6.32)$$

где S_1 – площадь планировки на месте траншеи и отвала.

$$S_1 = L \cdot ((E_{\phi} + \phi + h_2)(1 - m)), \text{ м}^2, \quad (6.33)$$

$$S_2 = V_0 / 0,2, \quad (6.34)$$

$$e=2 \cdot H_{омб}=2 \cdot 3,7=7,4 \text{ м}, \quad (6.35)$$

$$H_{омб}=\sqrt{F_{омб}}=\sqrt{13,6}=3,7 \text{ м}, \quad (6.36)$$

$$F_{омб}=F_{ср} \cdot k_{нр} \cdot k=12,1 \cdot 1,13 \cdot 0,98=13,6 \text{ м}^2. \quad (6.37)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент первоначального разрыхления грунта;

k – коэффициент учитывающий уменьшение площади поперечного сечения отвала за счёт выгрузки избыточного грунта.

$$k=(V-V_0^6)/V=(30039,22-473,17)/30039,22=0,98, \quad (6.38)$$

$$S_1=470 \cdot (5,65+7,4+3,84(1-0,85))=23475,69 \text{ м}, \quad (6.39)$$

$$S_2=473,17/0,2=2365,85 \text{ м}^2, \quad (6.40)$$

$$S=23475,69+2365,85=25841,54 \text{ м}^2, \quad (6.41)$$

$$T_6=25841,54 \cdot 1,2/1000 \cdot 8=4 \text{ см}. \quad (6.42)$$

6.6 Определение технико-экономических показателей для окончательного выбора комплекта машин

Окончательный выбор комплекта машин производится на основе сравнения 3-х технико-экономических показателей:

- 1) Продолжительность работы экскаватора по отрывки траншеи и котлованов под колодцы.
- 2) Себестоимость разработки 1 м³ грунта.
- 3) Трудоемкость разработки 1 м³ грунта, рассчитанных для двух типов экскаваторов (драглайн и обратная лопата).

Продолжительность земляных работ определяется по формуле

$$T_э = V_м / \Pi_э, \quad (6.43)$$

$$\Pi_э = t_{см} \cdot 100 \cdot \left(\frac{1-P}{H_{эп}^1} + \frac{P}{H_{эп}^2} \right), \quad (6.44)$$

где $\Pi_э$ – нормативная производительность экскаватора в смену.

$$H_{эп1}^{о.л.} = 1,8, H_{эп2}^{о.л.} = 2,4, \quad (6.45)$$

$$H_{эп1}^{дп.} = 1,9, H_{эп2}^{дп.} = 2,5. \quad (6.46)$$

где $H_{эп1}^{о.л.}$; $H_{эп2}^{дп.}$ – норма времени при работе экскаватора в отвал и при погрузки в транспорт.

P – количество избыточного грунта погружаемого в транспорт в долях единицах (за единицу принят весь объем грунта разрабатываемый экскаватором).

$$1/V_м = P/V_0^э \Rightarrow P = V_0^э / V_м, \quad (6.47)$$

$$P = 473,17/29756,56 = 0,02, \quad (6.48)$$

$$\Pi_э^{о.л.} = 8 \cdot 100 \cdot ((1-0,02)/1,8 + 0,02/2,4) = 438,67 \text{ м}^3/\text{смены},$$

$$\Pi_э^{дп.} = 8 \cdot 100 \cdot ((1-0,02)/1,9 + 0,02/2,5) = 422,4 \text{ м}^3/\text{смены},$$

$$T_э^{о.л.} = 29756,56/438,67 = 68 \text{ см},$$

$$T_{\text{э}}^{\text{оп}}=29756,56/422,4=71 \text{ см},$$

$$\Sigma 3_p=3_p \cdot V_p=0,544 \cdot 282,66=153,77, \quad (6.49)$$

$$C_{mp}=1,08 \cdot (8 \cdot 5,33 \cdot T_{\text{э}}+8 \cdot 5,83 \cdot T_{\text{б}}+8 \cdot 4,6 \cdot T_{\text{э}})+1,5 \Sigma 3_p / V, \quad (6.50)$$

где $3_p=0,544 \text{ руб./м}^3$.

$$C_{mp}^{\text{о.л.}}=1,08 \cdot (8 \cdot 5,33 \cdot 68+8 \cdot 5,83 \cdot 3,9+8 \cdot 4,6 \cdot 68)+1,5 \cdot 153,77/30039,2=0,21 \text{ руб./м}^3,$$

$$C_{mp}^{\text{оп}}=1,08 \cdot (8 \cdot 5,33 \cdot 71+8 \cdot 5,83 \cdot 3,9+8 \cdot 4,6 \cdot 71)+1,5 \cdot 153,77/30039,2=0,22 \text{ руб./м}^3.$$

Трудоёмкость отрывки 1 м^3 грунта

$$M_{mp}=\frac{\Sigma M_{\text{м}}+\Sigma M_{\text{р}}}{V}, \quad (6.51)$$

где $\Sigma M_{\text{м}}$ – затраты труда по управлению и обслуживанию машин, чел.-ч/маш.-ч.

$\Sigma M_{\text{р}}$ – затраты труда на ручные операции, чел.-ч/маш.-ч.

$$\Sigma M_{\text{м}}^{\text{о.л.}}=M_{\text{о.л.}}+M_{\text{б}}+M_{\text{а}}=2,82 \cdot 544+1,48 \cdot 4+1,79 \cdot 544=2513,76 \text{ чел.-ч/маш.-ч},$$

$$\Sigma M_{\text{м}}^{\text{л}}=M_{\text{л}}+M_{\text{б}}+M_{\text{а}}=2,81 \cdot 568+1,48 \cdot 4+1,79 \cdot 568=2618,72 \text{ чел.-ч/маш.-ч},$$

$$M_{\text{р}}=H_{\text{ер}} \cdot V_{\text{р}}=0,9 \cdot 282,66=255 \text{ чел.-ч/маш.-ч}, \quad (6.52)$$

где $H_{\text{ер}}$ – норма времени на ручную разработку 1 м^3 грунта, равна 0,9.

$$M_{тр}^Э = \frac{2513,76 + 255}{30039,22} = 0,092 \text{ чел.-ч/маш.-ч,}$$

$$M_{тр}^Д = \frac{2618,72 + 255}{30039,22} = 0,096 \text{ чел.-ч/маш.-ч.}$$

Проведен технико-экономический расчет, результаты которого приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Техничко-экомические показатели

Техничко-экомические показатели	Единицы измерения	Экскаватор	
		с обратной лопатой	драглайн
Продолжительность работы	<i>смена</i>	68	71
Себестоимость разработки, 1 м ³ грунта, $C_{отр}$	<i>руб./м³</i>	0,21	0,22
Трудоемкость разработки 1 м ³ грунта, $M_{отр}$	<i>чел.- ч/м³</i>	0,092	0,096

Как видно из таблицы 8 наиболее экономичным является вариант с экскаватором обратная лопата.

6.7 Определение размеров забоя

Расчетные размеры забоя определяют исходя из рабочих параметров экскаватора и размеров траншеи. При этом определяют местоположение оси движения экскаватора относительно оси траншеи, площадь поперечного сечения и размер отвала, месторасположение отвала относительно бровки траншеи, ширину забоя.

Расстояние от бровки траншеи до основания отвала

$$a=h_2\cdot(1-m)=3,84\cdot(1-0,85)=0,57 \text{ м}, \quad (6.53)$$

где h_2 – наибольшая глубина траншеи, м.

Общая ширина забоя, включая отвал

$$A=E_{cp}+a+b=6,45+0,57+0,72=7,74 \text{ м}. \quad (6.54)$$

Положение оси движения экскаватора может совпадать с осью траншеи или может быть смещено от нее на некоторое расстояние в сторону отвала.

Первый случай выбирается, если выполняется условие

$$R_e \geq A_1, \quad (6.55)$$

где R_e – наибольший радиус выгрузки экскаватора, 12,2 м;

A_1 – расстояние, определяемое по формуле

$$A_1 = \frac{E_{cp}}{2} + a + \frac{b}{2} = \frac{6,45}{2} + 0,57 + \frac{0,72}{2} = 4,1 \text{ м}. \quad (6.56)$$

Условие выполняется: $12,2 > 4,1 \text{ м}$.

6.8 Выбор кранового оборудования для монтажа трубопровода

Для укладки труб, монтажа элементов колодцев и арматуры, размещаемой в колодцах, используют автомобильные или пневмоколесные краны. При выборе кранового оборудования учитываем массу самого тяжелого элемента (одной трубы или звена, элемента колодца и арматуры), массу грузозахватных приспособлений и требуемый вылет стрелы крана.

Необходимую грузоподъемность крана подсчитывают, исходя из максимального груза, который должен поднять кран при требуемом вылете стрелы. Это груз определяется массой монтируемых труб или их секций с учетом массы грузозахватных приспособлений.

Самым тяжелым элементом является кольцо стеновое КЦ-20-9 с массой $m=1470$ кг.

Требуемая грузоподъемность крана

$$G=Q \cdot K_{cp}=1470 \cdot 1,1=1617 \text{ кг}, \quad (6.57)$$

где Q – масса самого тяжелого элемента при монтаже трубопровода, кг;

K_{cp} – коэффициент, учитывающий массу грузозахватных приспособлений, 1,1.

Кран располагаем на противоположной от отвала стороне не ближе 1 м от бровки траншеи. Кран размещен ближе к бровке траншеи, а заготовки труб и другие элементы за ним. Ось движения крана параллельна от траншеи.

Требуемый вылет стрелы крана

$$L_c = \frac{b_1}{2} + 1,2 \cdot m \cdot h_2 + \frac{B_{кр}}{2} + = \frac{3,2}{2} + 1,2 \cdot 0,85 \cdot 3,84 + \frac{2,5}{2} = 6,77 \text{ м}, \quad (6.58)$$

где b_1 – ширина котлована по низу, м;

m – заложение откосов траншеи;

h – максимальная глубина траншеи, м;

$B_{кр}$ – ширина базы крана (ширина колеи), м.

Основываясь на требуемой грузоподъемности и вылете стрелы крана, подбираем марку монтажного крана КС-3562Б на базе МАЗ-5334. Максимальная грузоподъемность 10 т, грузоподъемностью при максимальном вылете стрелы – 1,2 т, длина основной стрелы – 10 м. Изготовитель – Ивановский завод автомобильных кранов.

Окончательный вариант комплекта машин:

- 1) экскаватор обратная лопата ЭО-5111ЕХЛ, объём ковша 1 м^3 ;
- 2) автосамосвал марки КАМАЗ 5111, грузоподъёмность 10 т ;
- 3) бульдозер ДЗ 117;
- 4) кран КС-3562Б.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана оптимизированная технология водоподготовки воды из поверхностного источника на нужды ТЭЦ-2;
2. Разработана замена старых, водоприемных решеток, на фильтрующие кассеты, которые позволяют уменьшить степень загрязнения природной воды, а также выступают в роли рыбозащиты;
3. Предложена замена угольных фильтров на сорбционные и сверхскоростные;
4. Оптимизирован процесс обеззараживания благодаря внедрению ультразвука, который позволяет автоматизировать данный процесс;
5. Рассмотрена эколого-экономическая составляющая, которая показала целесообразность предложенной технологии, благодаря снижению экологических тарифов.
6. Разработана технология организации строительного процесса для данного проекта.

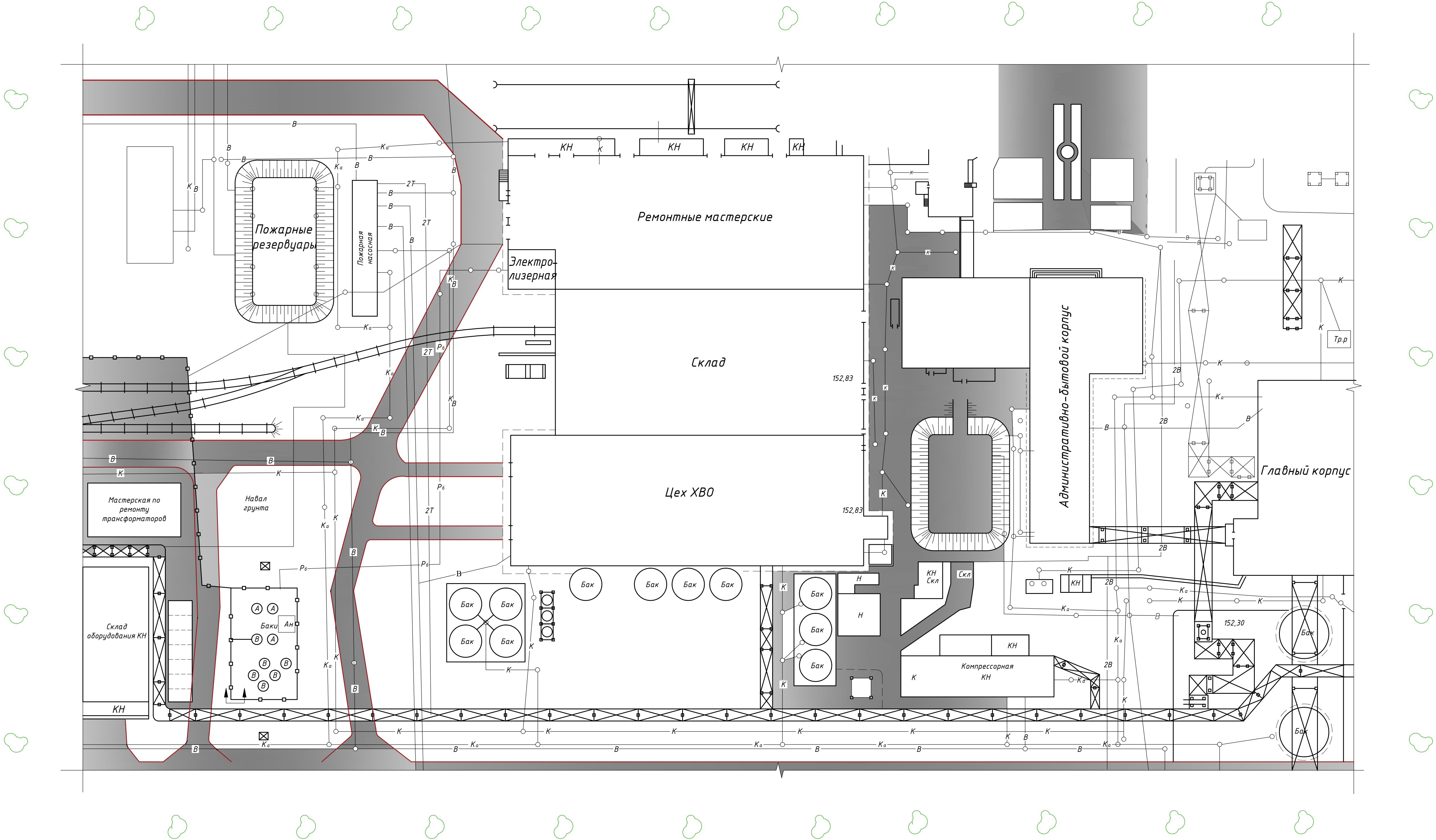
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник/Б.Н. Репин. – М.: Высш. шк., 1995. – 431 с.
- 2) Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников/Под ред. К.А. Михайлова, А.С. Образовского. – М.: Стройиздат, 1976. – 368 с.
- 3) Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 1. Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001. – 209 с.
- 4) Водоснабжение/Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
- 5) Проектирование и расчет очистных сооружений водопроводов / Л.А. Кульский, М.Н. Булава, И.Т. Гороновский, П.И. Смирнов. – Киев, Будівельник, 1972. – 424 с.
- 6) Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. М., Стройиздат, 1971. 304 с.
- 7) Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 2. Очистка и кондиционирование природных вод / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001. – 324 с.
- 8) Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 1. Системы распределения и подачи воды / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001. – 188 с.
- 9) СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», Минздрав России 2000 г.
- 10) ГН 2.1.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Минздрав России, 2003.

- 11) ГОСТ 2761-84* Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.
- 12) СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. контроль качества.
- 13) ГН 2.1.6. 1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Минздрав России, М.:2003 г.
- 14) СанПиН 2.2.1./2.1.1 1200-03(нов. редакция от 1.03.2008).
- 15) Техника, технология и организация траншейной прокладки трубопроводов: методические указания к курсовому проекту для студентов 4 курса специальности 270112 «Водоснабжение и водоотведение». – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; Ин-т архитектуры и стр-ва, 2007. – 37 с.
- 16) ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы/Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1986.– 224 с.
- 17) Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации. Справочник монтажника/А.А. Александров и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 576 с.
- 18) Справочник по эксплуатации систем водоснабжения, канализации газоснабжения /Под ред. С.М. Шифрина. – Л.: Стройиздат, 1976. – 385 с.
- 19) Укрупненные показатели стоимости строительства (УПСС). Здания и сооружения внеплощадочных систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1980. – 144 с.
- 20) СНиП IV-7-84. Сборник сметных норм дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время /Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1995.

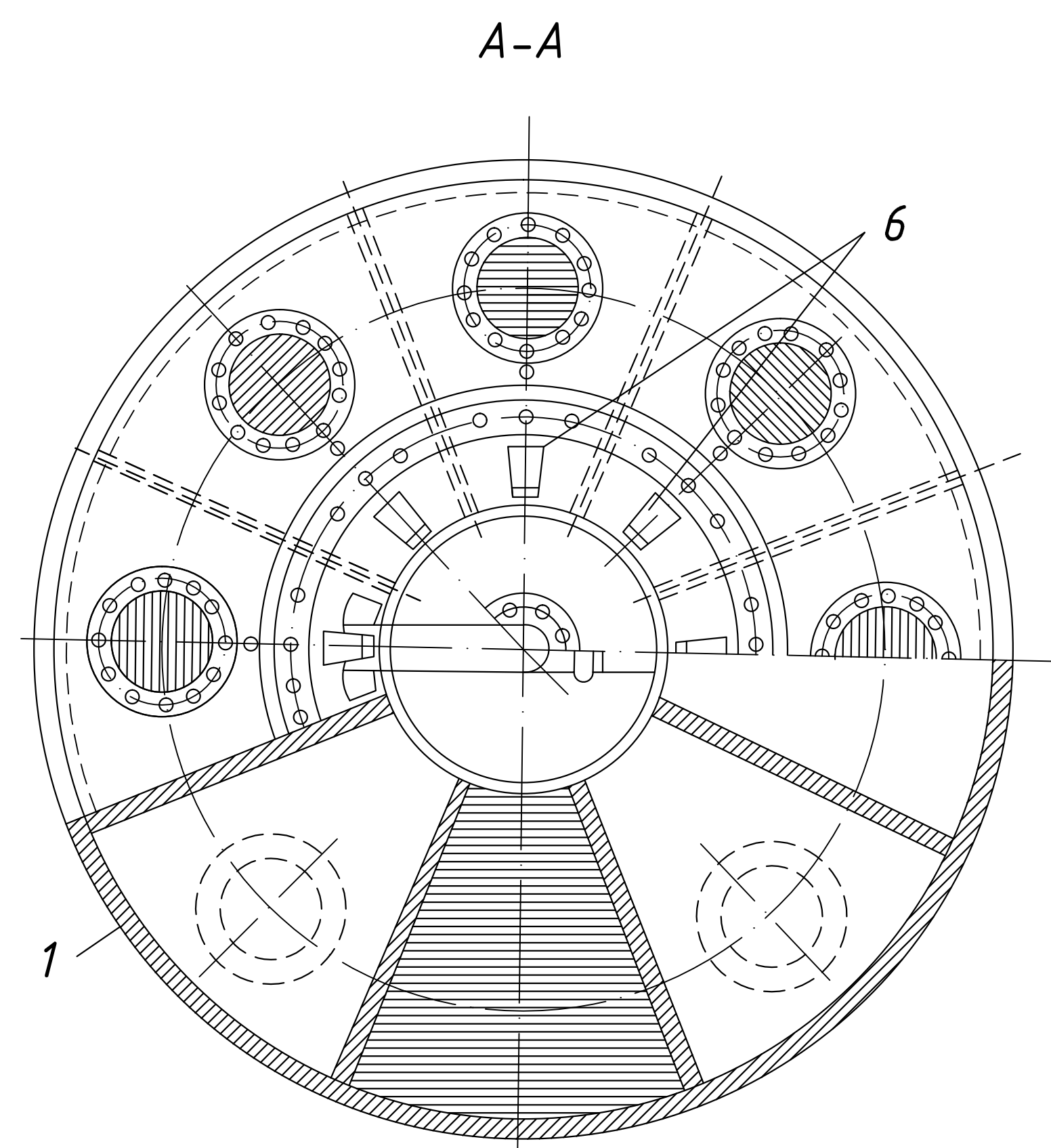
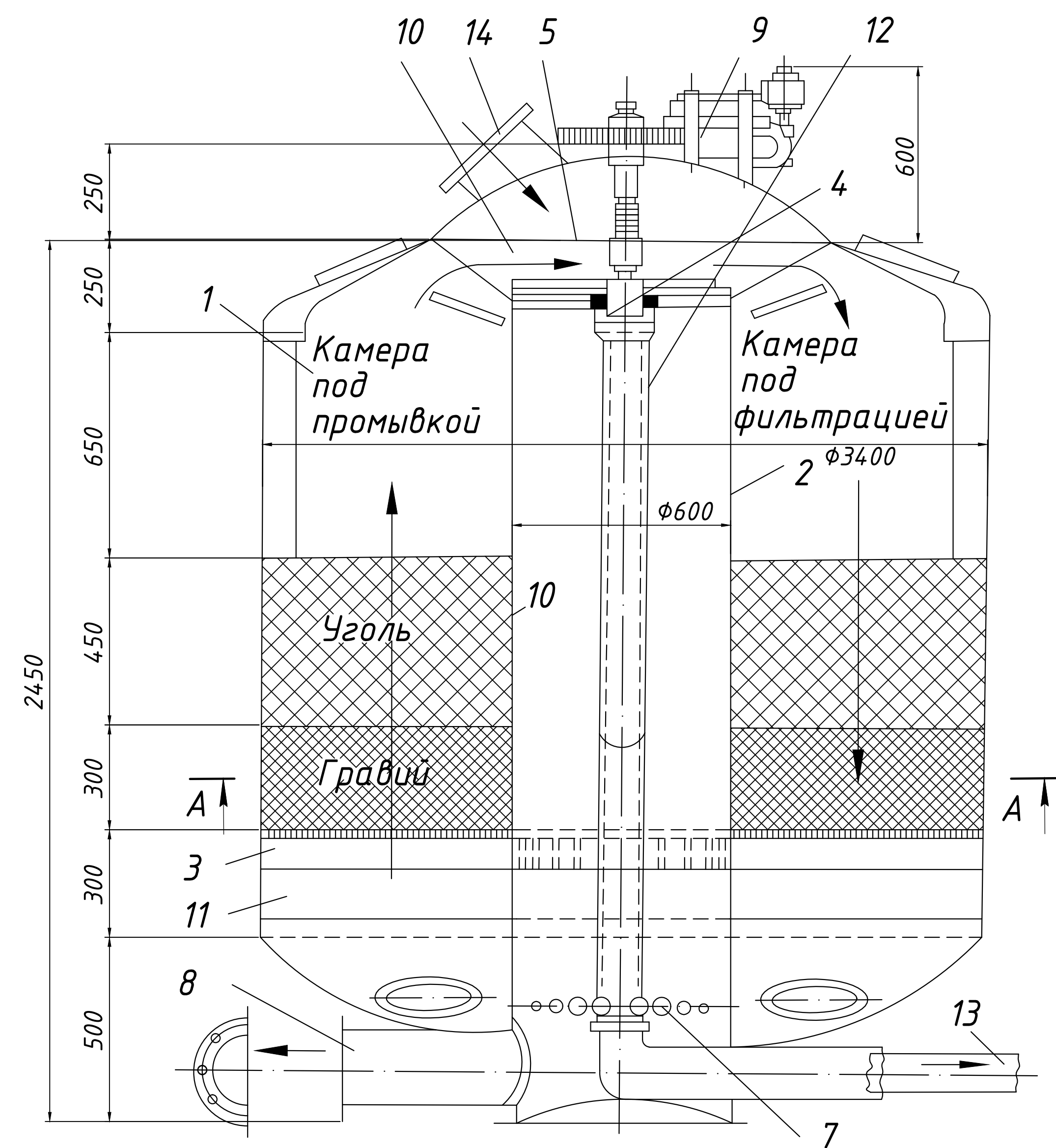
- 21) Экономические расчеты в курсовых и дипломных проектах: Учеб. пособие для строит. вузов / Под ред. Ю.П. Панибратова. – М.: Высшая школа, 1984. – 175 с.
- 22) Пояснительная записка к расчету индексов изменения стоимости строительно-монтажных работ / РЦЦС – Красноярск.
- 23) Начисление износа. – М.: «ПРИОР», 1995. – 128 с.
- 24) Водоснабжение. Техничко-экономические расчеты./ Под ред. Г.М. Басса. – Киев.: Издательское объединение «Высшая школа», 1977. – 152 с.
- 25) СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84». Дата введения 1 января 2013 г. – 136 с.
- 26) СП 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-85*». Дата введения 17 июня 2017 г.
- 27) СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности». Дата введения 2 января 2011 г.

ГЕНПЛАН ТЭЦ-2
М 1:500



						БР-08.03.01.06 - 2018		
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Разраб.	Мансуров В.М.	Стадия
Пров.	Дудоровская О.Г.					Оптимизация систем водоснабжения ТЭЦ-2 города Красноярск		Лист
						Генплан ТЭЦ-2 М 1:500		Листов
							1	8
Исконтр.	Сакаш Г.В.					Кафедра ИСЭиС		
Зав.каф.	Сакаш Г.В.							

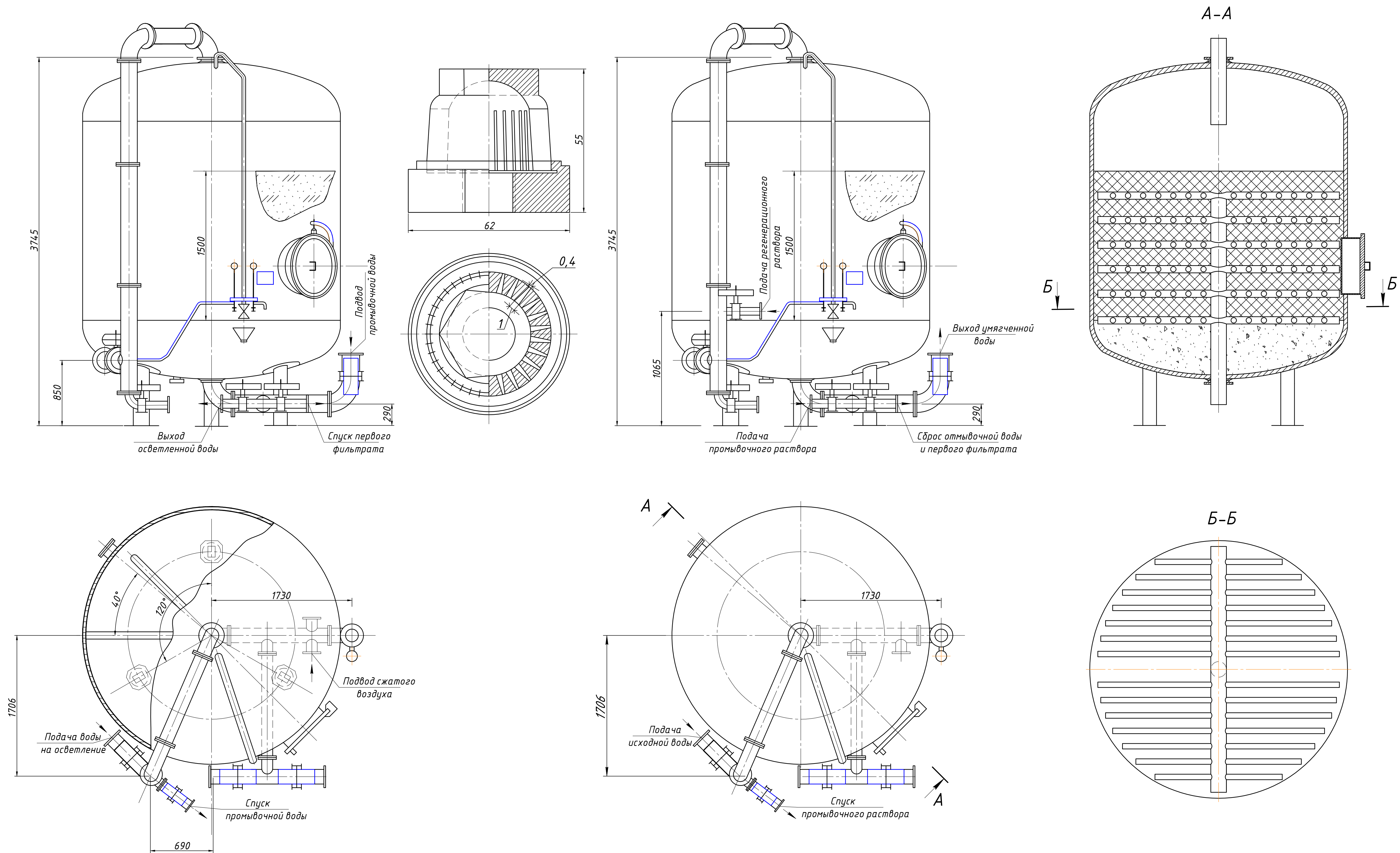
СХЕМА СВЕРХСКОРОСТНОГО ФИЛЬТРА НИКИФОРОВА



Спецификация фильтра Никифорова		
1-Цилиндрический резервуар		
2-Цилиндрическая шахта		
3-Кольцевое дырчатое дно		
4-Подача осветляемой воды		
5-Распределительная камера		
6-Трапецеидальные отверстия		
7-Отверстия для поступления воды из поддренажного пространства в шахту		
8-Подача воды потребителю		
9-Электродвигатель		
10-Патрубок		
11-Поддренажное пространство		
12-Трубопровод		
13-Трубопровод, соединенный с патрубком		
14-Люк		

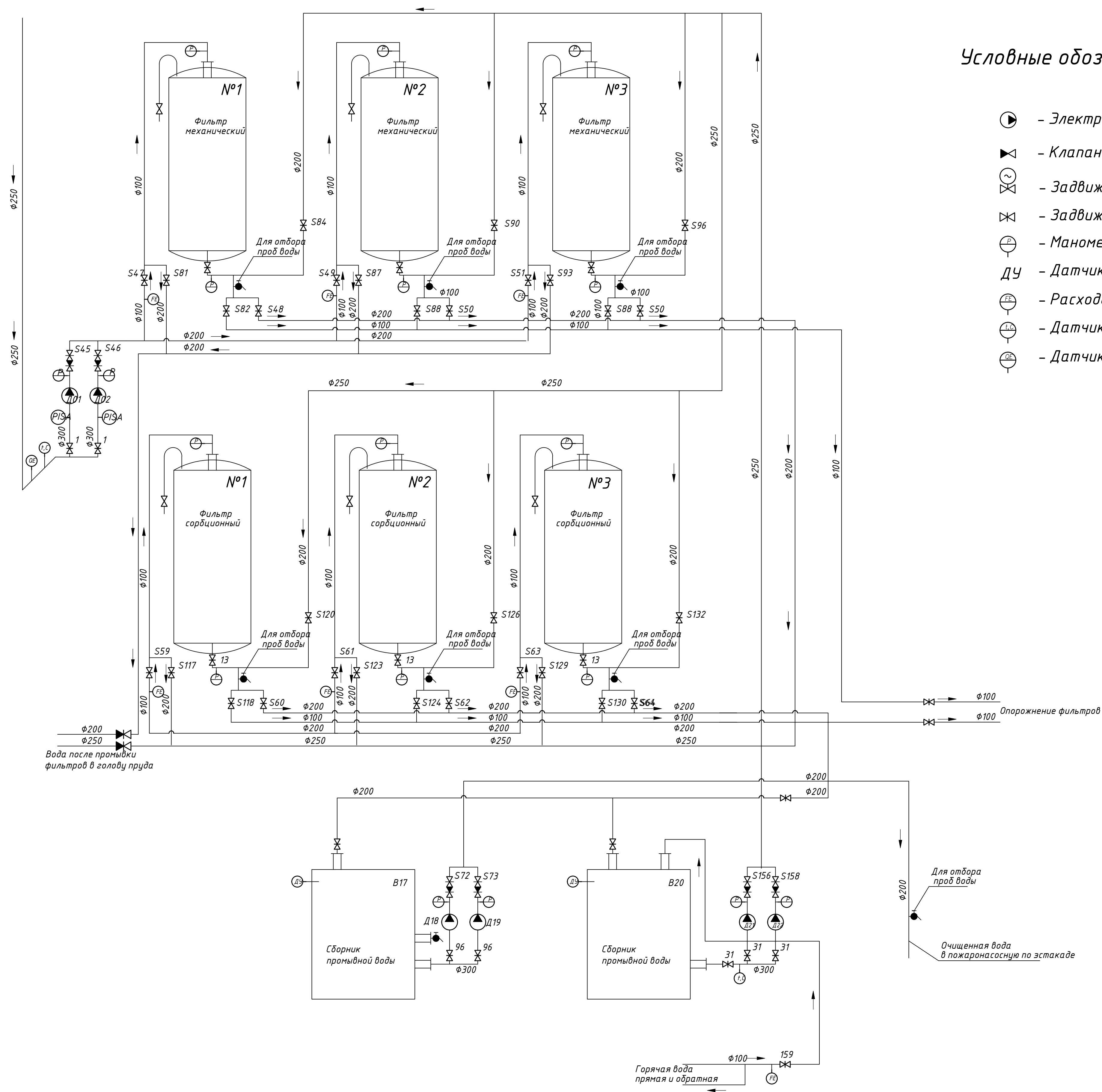
БР-08.03.01.06 - 2018					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.	Мансуров В.М.				
Пров.	Дудоровская О.Г.				
Оптимизация систем водоснабжения ТЭЦ-2 города Красноярск					
Схема сверхскоростного фильтра Никифорова					
И.контр.	Сакаш Г.В.				
Зав.каф.	Сакаш Г.В.				
				Кафедра ИСЗиС	

СХЕМА СОРБЦИОННОГО ФИЛЬТРА



						БР-08.03.01.06 - 2018		
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Колуч.	Лист № док.	Подпись	Дата		Оптимизация систем водоснабжения ТЭЦ-2 города Красноярск	Стадия	Лист
Разраб.	Мансуров В.М.							4
Пров.	Дубровская О.Г.							8
						Схема сорбционного фильтра		
Исконтр.	Сакаш Г.В.						Кафедра ИСЗиС	
Зав.каф.	Сакаш Г.В.							

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА НАПОРНЫХ ФИЛЬТРОВ

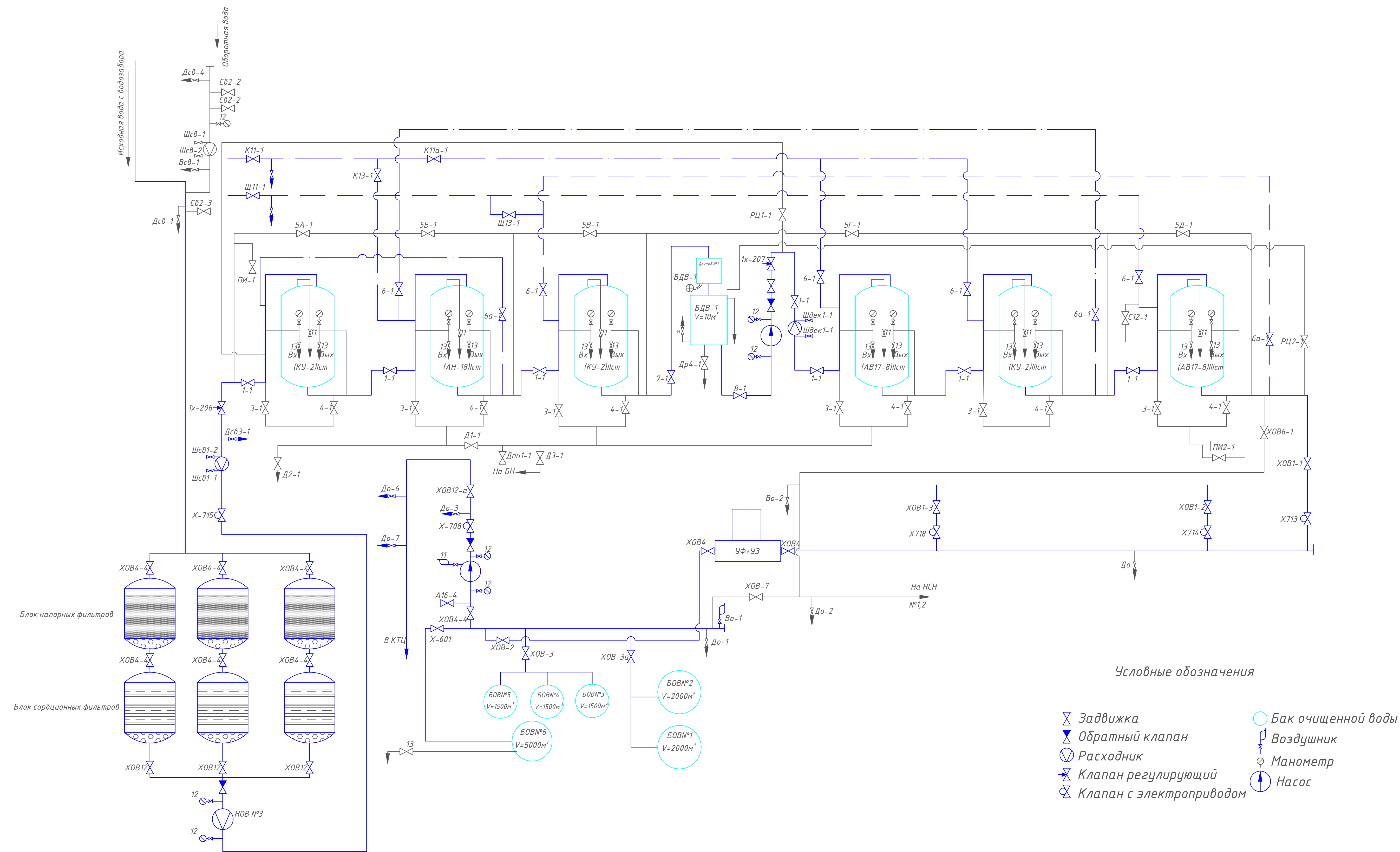


Условные обозначения

- Электронасос
- Клапан обратный
- Задвижка с электроприводом
- Задвижка с ручным приводом
- Манометр показывающий
- ДУ - Датчик уровня
- Расходомер
- Датчик температуры
- Датчик pH-метра

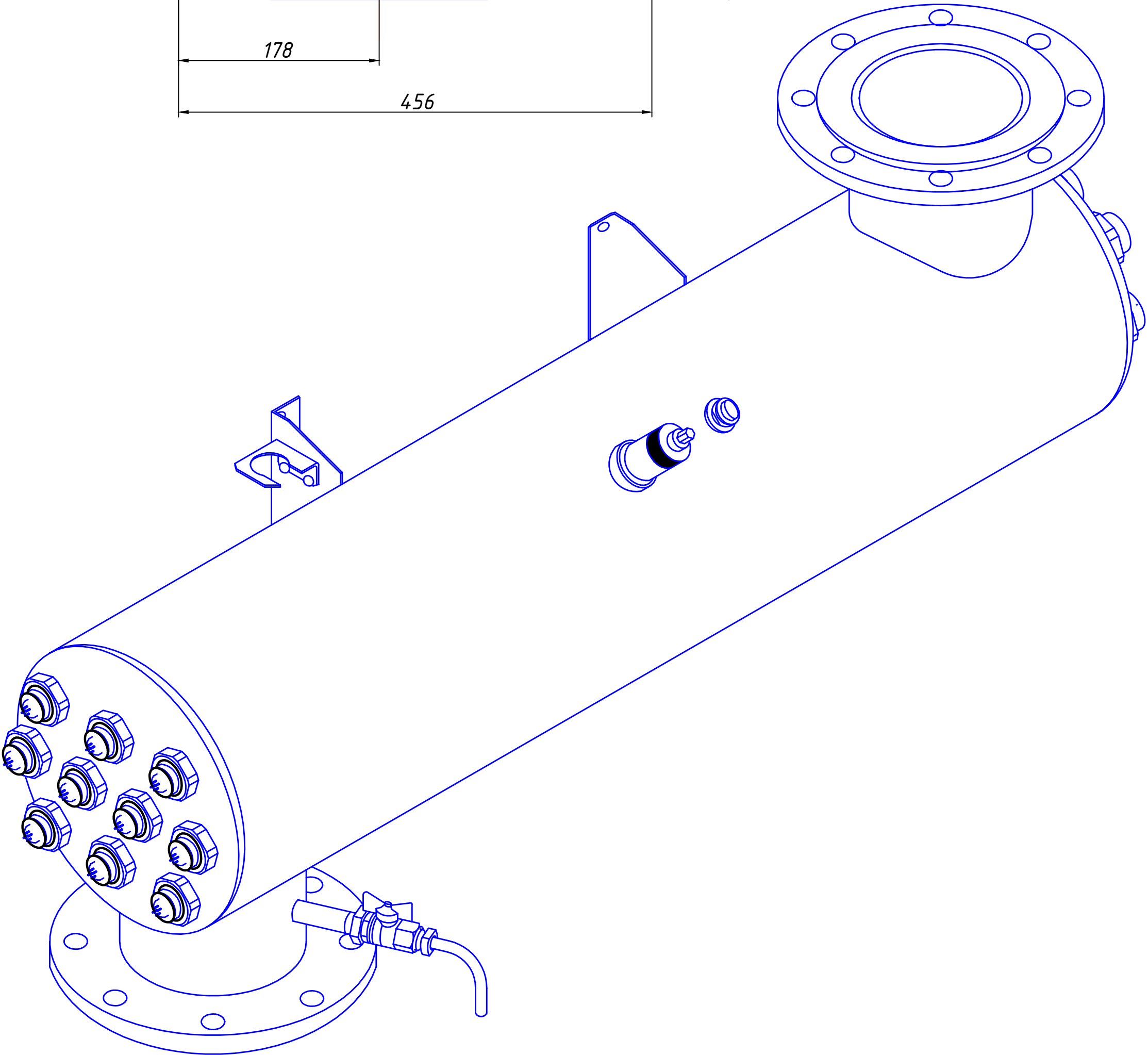
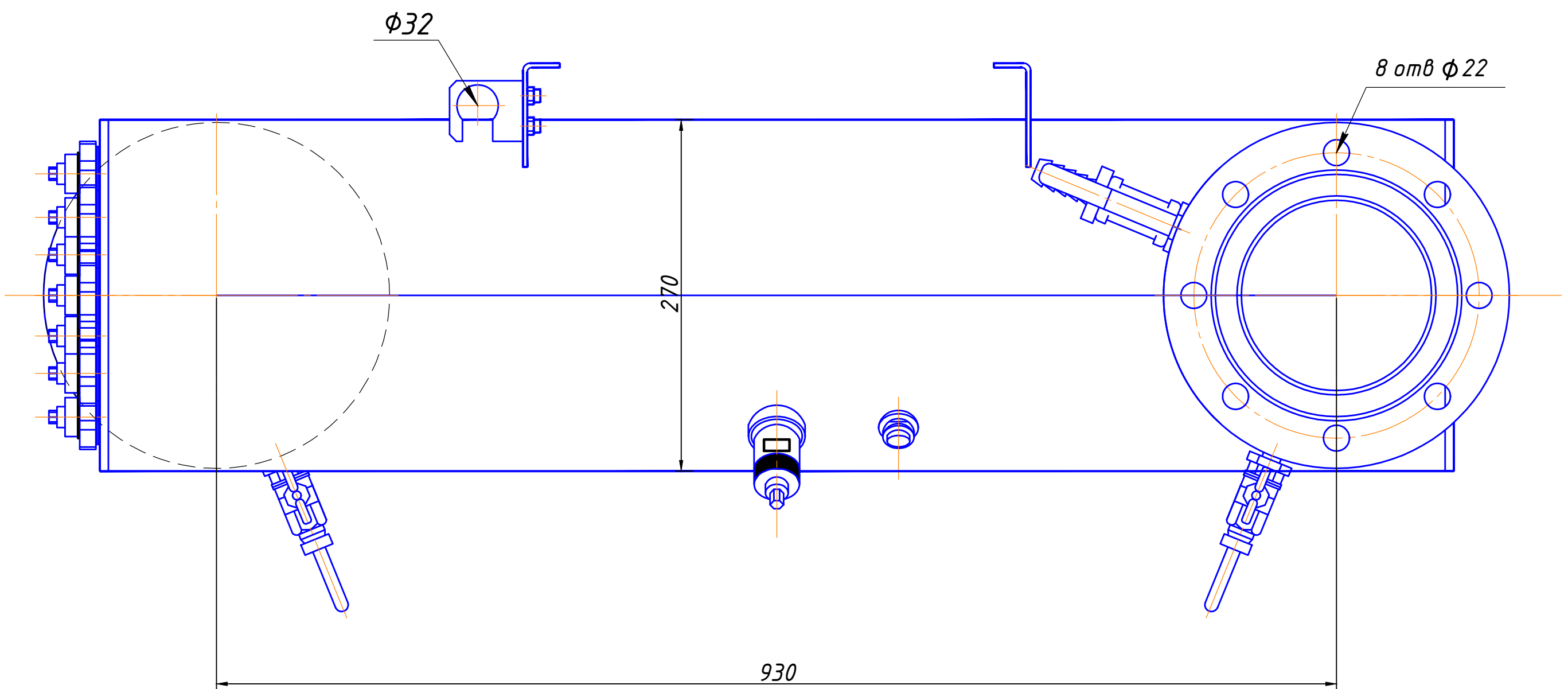
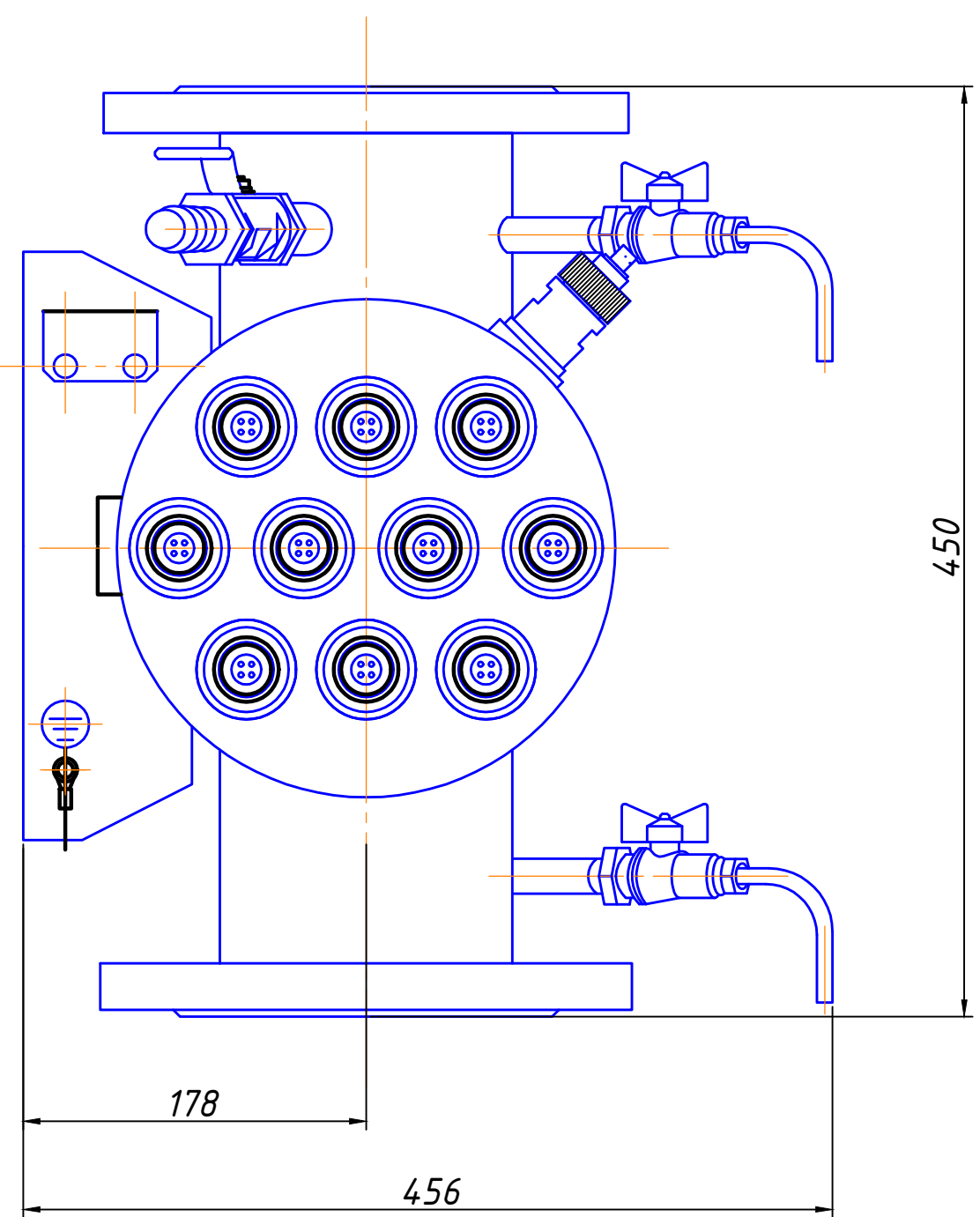
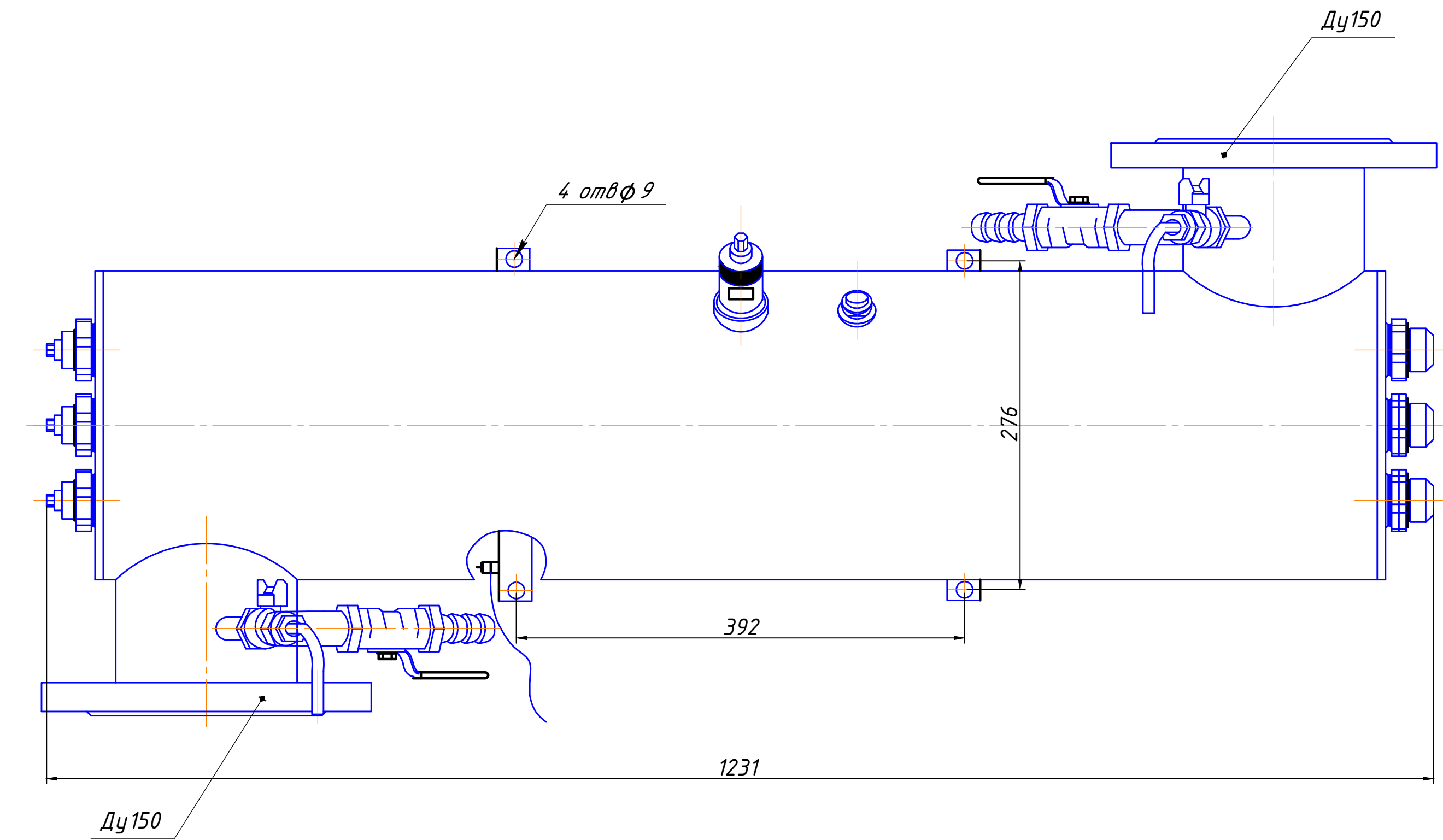
						БР-08.03.01.06 - 2018		
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Оптимизация систем водоснабжения ТЭЦ-2 города Красноярск	Стадия	Лист
Разраб.	Мансуров В.М.							5
Пров.	Дудоровская О.Г.							8
						Технологическая схема напорных фильтров		
Исполн.	Сакаш Г.В.					Кафедра ИСЭиС		
Зав. каф.	Сакаш Г.В.							

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ВОДОПОДГОТОВКИ



						БР-08.03.01.06 - 2018		
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Оптимизация систем водоснабжения ТЭЦ-2 города Красноярск	Стадия	Лист
Разраб.	Мансуров В.М.							Листов
Пров.	Дудоровская О.Г.						6	8
						Технологическая схема водоподготовки		
И.контр.	Сакаш Г.В.					Кафедра ИСЭиС		
Зав.каф.	Сакаш Г.В.							

КАМЕРА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ

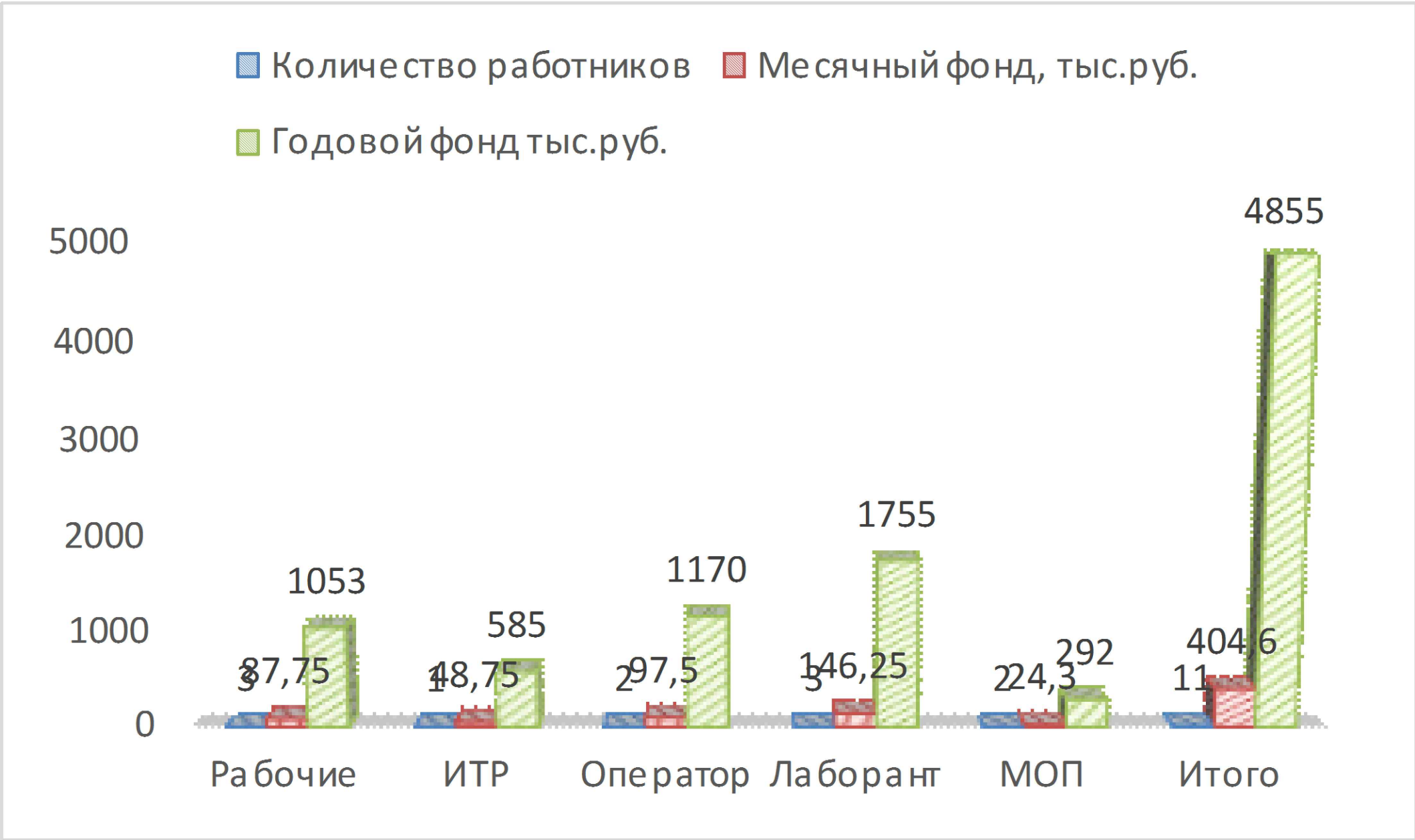


						БР-08.03.01.06 - 2018				
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Оптимизация систем водоснабжения ТЭЦ-2 города Красноярск	Стадия	Лист	Листов	
Разраб.	Мансуров В.М.							7	8	
Пров.	Дубровская О.Г.									
И.контр.	Сакаш Г.В.					Камера обеззараживания	Кафедра ИСЗиС			
Зав.каф.	Сакаш Г.В.									

ПОКАЗАТЕЛИ СНИЖЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ

Существующая технологическая схема

Категория работающего	Количество работников	Месячный фонд, тыс.руб.	Годовой фонд тыс.руб.
Рабочие	3	87,75	1053
ИТР	1	48,75	585
Оператор	2	97,5	1170
Лаборант	3	146,25	1755
МОП	2	24,3	292
Итого	11	404,6	4855



Предлагаемая технологическая схема

Категория работающего	Количество работников	Месячный фонд, тыс.руб.	Годовой фонд тыс.руб.
Рабочие	2	58,5	702
ИТР	1	48,75	585
Оператор	1	48,75	585
Лаборант	2	97,5	1170
МОП	2	24,3	292
Итого	8	277,8	3334

